

Е.К.СОНИН

РАДИОЭЛЕКТРОНИКА В КАТЕРАХ И ЯХТАХ

МАССОВАЯ
РАДИО
БИБЛИОТЕКА

Основана в 1947 году

Выпуск 1046

Е. К. СОНИН

РАДИОЭЛЕКТРОНИКА В КАТЕРАХ И ЯХТАХ

МОСКВА «РАДИО И СВЯЗЬ» 1982

ББК 32.884.19
С62
УДК 621.396.6-182.3

Сонин Е. К.

С62 Радиоэлектроника в катерах и яхтах. — М.: Радио и связь, 1982. — 104 с., ил. — (Массовая радиобиблиотека; Вып. 1046).

70 к.

Описаны разработанные радиолюбителями приборы, применение которых повышает удобство и безопасность эксплуатации катеров и яхт, а также устройства, облегчающие использование и улучшающие характеристики двигателей для водномоторного спорта.

Книга предназначена для радиолюбителей-конструкторов.

С $\frac{2402020000-008}{046(01)-82}$ 195-82 ББК 32.884.19 6Ф2.9

РЕЦЕНЗЕНТ КАНД. ТЕХН. НАУК В. Г. КОВАЛЕВ

Редакция научно-популярной литературы и массовой радиобиблиотеки

Евгений Константинович Сонин

РАДИОЭЛЕКТРОНИКА В КАТЕРАХ И ЯХТАХ

Редактор В. В. Реутов
Редактор издательства Н. В. Ефимова
Художественный редактор В. В. Реутов
Технический редактор Г. И. Колосова
Корректор З. Г. Галушкина

ИБ № 235

Сдано в набор 27.07.81 г. Подп. в печ. 14.10.81 г.
Т-25486 Формат 60×90/16 Бумага тип. № 2 Гарнитура литературная
Печать высокая Усл. печ. л. 6,5 Усл. кр.-отт. 7,0 Уч.-изд. л. 9,58
Тираж 30 000 экз. Изд. № 19452 Зак. № 102 Цена 70 к.
Издательство «Радио и связь». 101000 Москва, Главпочтамт, а/я 693

Типография издательства «Радио и связь» Госкомиздата СССР
101000 Москва, ул. Кирова, д. 40

ПРЕДИСЛОВИЕ

Принятое в 1969 г. Постановление Совета Министров СССР об увеличении производства прогулочных лодок, катеров и моторов к ним для продажи населению обеспечило создание технической базы для массового водного спорта и туризма в нашей стране. Популярность водного туризма и спорта и повсеместное признание воднолыжного спорта, сопровождаемое освоением подвесных моторов увеличенной мощности, привели к резкому возрастанию скорости и интенсивности движения на воде. Это вызвало необходимость обеспечения катеров и яхт современными средствами сигнализации, связи и управления для повышения безопасности их движения, а также для увеличения эффективности и удобства эксплуатации моторов и уменьшения загрязнения окружающей среды.

К таким средствам и относятся описанные в данной книге радиоэлектронные приборы, разработанные в последние годы радиолюбителями и широко используемые в настоящее время. Актуальность разработки таких приборов подтверждается тем, что некоторые из них осваиваются промышленностью для серийного производства или уже выпускаются. Первым прибором, выпущенным промышленностью для любителей водномоторного спорта и туризма, стал портативный электронный эхолот (прибор для измерения глубины). Производится лодочный мотор с встроенной системой бесконтактного электронного зажигания. Выпускают электронные системы зажигания для четырехтактных двигателей.

Описанные приборы сгруппированы по функциональному признаку: приборы сигнализации и связи, измерительные приборы, приборы электронного зажигания, системы дистанционного управления двигателем, эхолоты.

В связи с тем, что в самодельном изготовлении приборов для катеров или яхт могут быть заинтересованы любители водного спорта, не всегда имеющие достаточный опыт в радиолюбительском конструировании, в ряде случаев приведены как упрощенные схемы приборов, решающие, однако, поставленные задачи, так и схемы сложных устройств того же назначения, характеризующиеся более высокими показателями.

Изготовление и настройка большинства описанных приборов доступны достаточно широкому кругу радиолюбителей. Однако некоторые из них, например эхолоты, довольно сложны в изготовлении и настройке и практически не могут быть отрегулированы без использования разнообразной измерительной аппаратуры. Изготовление таких приборов может быть рекомендовано лишь опытным радиолюбителям.

Автор

ПРИБОРЫ ДЛЯ СИГНАЛИЗАЦИИ И СВЯЗИ

ЭЛЕКТРОННЫЕ СИРЕНЫ

Одним из основных средств обеспечения безопасного плавания является звуковая сигнализация, установка которой на самоходных судах, в том числе на катерах и яхтах, обязательна. К этим средствам относят свистки и сирены. Широкое распространение получили в настоящее время электронные приборы, позволяющие создать выразительный звуковой сигнал подобный свистку или сирене, хорошо различимый на фоне шумов промышленного и природного происхождения.

Схема простейшей электронной сирены [9] приведена на рис. 1. Генератором сигнала здесь служит несимметричный ждущий мультивибратор на транзисторах T_1 и T_2. Звуковой сигнал с периодически меняющейся тональностью, сходной с характером звучания сирены, создается динамической головкой *Гр*.1.

Устройство работает следующим образом. При нажатии на кнопку *Кн* начинается заряд конденсатора C_1 через резистор R_1 от источника питания. Когда напряжение на конденсаторе достигнет значения, соответствующего порогу ждущего мультивибратора, он перейдет в автоколебательный режим. В дальнейшем, по мере нарастания напряжения на конденсаторе, увеличивается амплитуда сигнала на коллекторе T_2 мультивибратора и, соответственно, громкость звучания громкоговорителя. Рост амплитуды сигнала продолжается до тех пор, пока конденсатор не зарядится до напряжения источника питания. Если теперь отпустить кнопку, то процесс будет протекать в обратном порядке: напряжение на конденсаторе плавно уменьшается по мере его разряда через резистор R_2 и цепочку транзисторов T_1 и T_2, амплитуда сигнала также становится меньше. Уменьшается и сила звука.

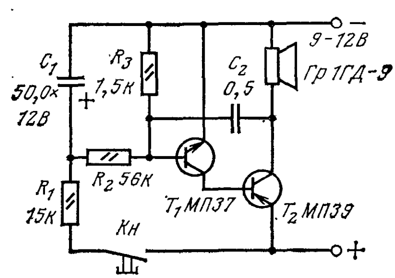


Рис. 1. Принципиальная схема электронной сирены

Постоянная времени нарастания силы звука определяется емкостью конденсатора C_1 и сопротивлением резистора R_1. Постоянная времени уменьшения силы звука определяется емкостью C_1 и сопротивлением R_2. Частота звука (звуковой тон) определяется емкостью конденсатора C_2 и параметрами звуковой катушки громкоговорителя.

На рис. 2 приведена схема электронной сирены, в которой коммутация конденсатора, определяющая периодичность работы сирены, выполняется автоматически. Для этого использован мультивибратор на транзисторах T_1 и T_2, периодичность переключения которого составляет 2,5—3 с. С этого времязадающего мультивибратора переключающее напряжение в виде прямоугольных импульсов подается на конденсатор C_3 через резистор R_6 и периодически заряжает его практически до напряжения питания схемы. Вследствие большой постоянной времени зарядной цепи (она определяется емкостью конденсатора C_3 и сопротивлением резистора R_6) заряд конденсатора происходит медленно и напряжение на нем за время длительности импульса изменяется плавно от минимального значения до значения, близкого к питающему напряжению. По

мере изменения зарядного напряжения на конденсаторе C_3 изменяется напряжение на базе управляющего транзистора T_3 и, следовательно, его выходная проводимость. Транзистор T_3 включен последовательно с резистором R_8 и входит в общее сопротивление цепи базы транзистора T_4, который вместе с транзистором T_5 работает в схеме мультивибратора, генерирующего сигнал тональной частоты сирены.

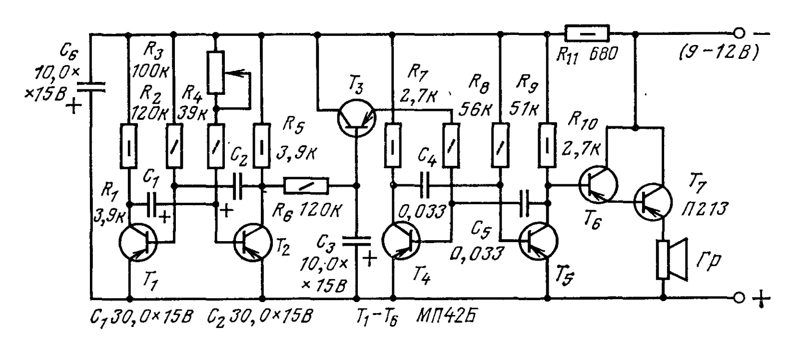


***Рис. 2.* Электронная сирена с автоматической коммутацией**

Изменения напряжения смещения и постоянной времени цепи базы транзистора T_4, вызванные изменением выходной проводимости транзистора T_3, приводят к плавному изменению длительности импульсов, генерируемых мультивибратором тональной частоты.

Периодически, с частотой следования импульсов времязадающего мультивибратора T_1, T_2, происходит заряд и разряд конденсатора C_3 и соответствующее плавное изменение частоты сигнала тонального мультивибратора. При заряде конденсатора частота тонального мультивибратора увеличивается, при разряде — уменьшается. Эти изменения частоты сигнала, преобразованные в звуковые сигналы, воспринимаются как изменения тона звука, характерные для сирены.

Коллектор транзистора T_5 тонального мультивибратора соединен с базой транзистора T_6, входящего в составной усилитель мощности на транзисторах T_6, T_7. Нагрузкой усилителя мощности служит динамическая головка *Гр* с сопротивлением звуковой катушки 6—20 Ом.

Настройка электронной сирены производится в следующем порядке. Сначала проверяют тональный мультивибратор. Для этого разрывают связь между эмиттером T_3 и резистором R_8, соединяют освободившийся вывод R_8 с минусовой шиной питания и подают на схему напряжение питания. При работающем мультивибраторе в громкоговорителе слышен громкий чистый тон частотой примерно 600 Гц. При отсутствии звука проверяют правильность монтажа тонального мультивибратора и усилителя мощности, а также исправность транзисторов. Затем восстанавливают соединение между R_8 и эмиттером транзистора T_3. При нормально работающем времязадающем мультивибраторе тональная частота начинает периодически модулироваться, что воспринимается на слух. Регулировкой сопротивления резистора R_3 добиваются периода модуляции 2,5—3 с. Монотонность изменения тональной частоты на интервалах нарастания частоты и ее уменьшения обеспечиваются подбором резистора R_6. При малом сопротивлении этого резистора изменение происходит слишком быстро и большую часть периода частота звука не меняется. При слишком большом сопротивлении мал диапазон изменения частоты звука.

Большой выразительностью звучания обладают двухтональные сирены (рис. 3). Транзисторы T_1 и T_2 здесь входят в состав времязадающего мультивибратора, аналогичного приведенному на рис. 2. На транзисторах T_3 и T_4 построен мультивибратор тональной частоты 200 Гц. На транзисторах T_4 и T_5 построен мультивибратор, генерирующий тональную частоту 1000 Гц. Мультивибраторы двух тональных частот включаются поочередно времязадающим муль-

тивибратором на T_1, T_2. Происходит это следующим образом: в положении времязадающего мультивибратора, соответствующем открытому транзистору T_1 и закрытому транзистору T_2, база транзистора T_3 более низкочастотного тонального мультивибратора через резисторы R_5 и R_4 соединена с минусовой ши-

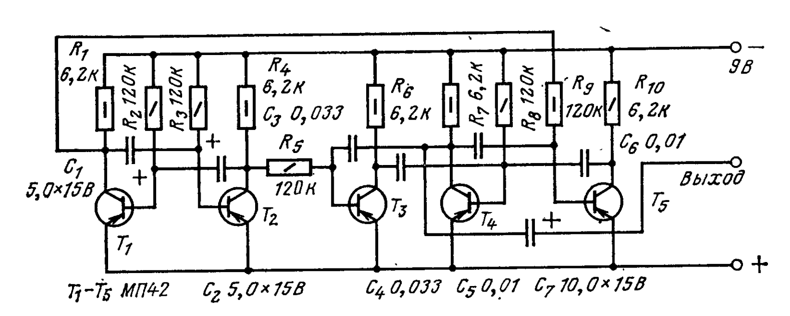


Рис. 3. Двухтональная электронная сирена

ной прибора. Это обеспечивает работу мультивибратора на транзисторах T_3, T_4. В то же время база транзистора T_5 через резистор R_9 и открытый транзистор T_1 оказывается соединенной с плюсовой шиной источника питания, вследствие чего транзистор T_5 закрывается и мультивибратор высокой тональной частоты работать не может.

Через 1—3 с (в зависимости от настройки времязадающего мультивибратора) транзистор T_1 закрывается, а транзистор T_2 открывается. Теперь база транзистора T_3 через резистор R_5 оказывается соединенной с плюсовой шиной через открытый транзистор T_2, и транзистор T_3 закрывается. Отрицательный импульс с коллектора транзистора T_1 через резистор R_9 поступает на базу транзистора T_5, и этот транзистор открывается. Начинает работать мультивибратор тональной частоты 100 Гц. Процесс повторяется периодически с частотой переключения времязадающего мультивибратора.

Частота переключения времязадающего мультивибратора зависит от сопротивлений резисторов R_2 и R_3, причем выбор разных сопротивлений резисторов в базах транзисторов T_1 и T_2 приводит к разной длительности посылок высокой и низкой тональной частоты. Изменение тональных частот достигается изменением емкостей пар конденсаторов C_3, C_4 и C_5, C_6 в соответствующих мультивибраторах.

Выходное напряжение тональных генераторов подается на усилитель мощности.

На рис. 4 приведена схема электронной сирены, принцип построения которой аналогичен описанной выше схеме (см. рис. 2) с автоматической коммутацией тональной частоты. Отсутствие здесь управляющего транзистора (T_3 на рис. 2) не сказывается существенно на работоспособности схемы, но упрощает ее. Принципиальным отличием является существенная разница в дли-

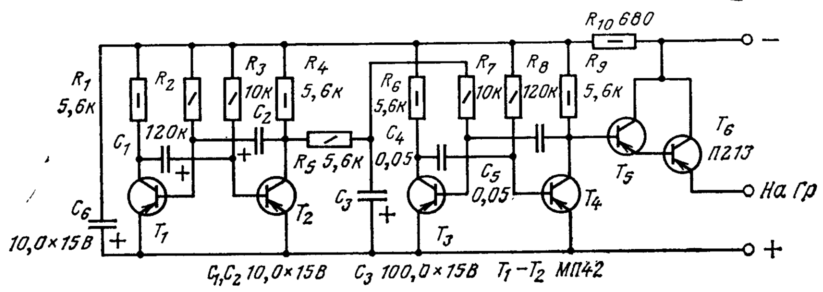


Рис. 4. Электронная сирена с несимметричной коммутацией

тельности полупериодов как времязадающего мультивибратора, так и мультивибратора тональной частоты. Формируемый такой сиреной звуковой сигнал отличается высокой различимостью. Транзисторы T_5 и T_6 и обеспечивают согласование схемы с динамической головкой.

На рис. 5 показан вид печатной платы электронной сирены. Конденсатор C_3 емкостью 100 мкФ составлен из двух параллельно соединенных конденсаторов емкостью 47 мкФ.

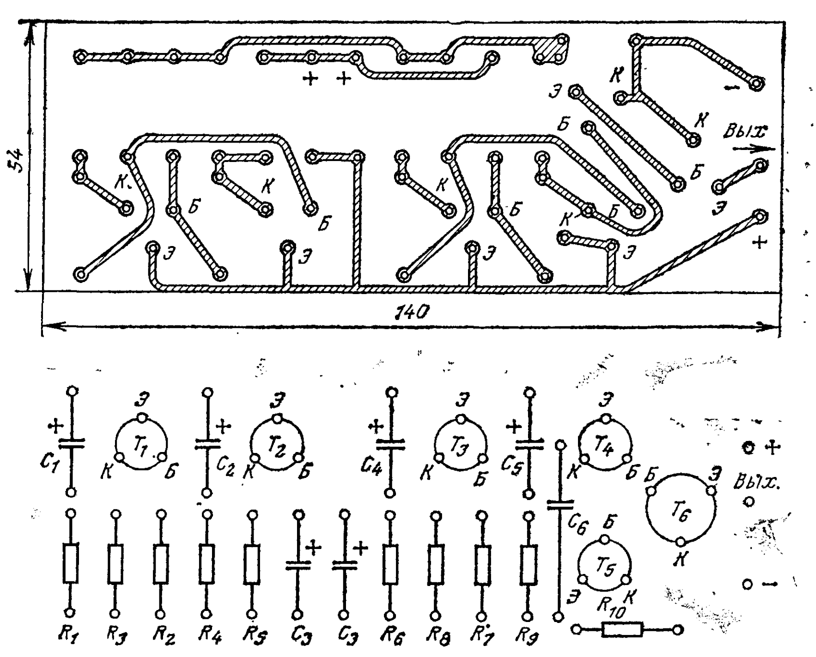


Рис. 5. Печатная плата (*а*) и монтажная схема (*б*) электронной сирены

Технология изготовления печатных плат достаточно проста, освоена радиолюбителями и неоднократно описывалась [2, 25]. В приложении 3 приведены основные моменты изготовления печатной платы в любительских условиях. Приведенное на рисунке изображение должно быть увеличено до размеров, указанных на рисунке. Толщина платы не менее 1,5 мм. Так как изготовление печатной платы доступно не всем, то монтаж прибора можно выполнить и на обычной изоляционной плате (из гетинакса, текстолита или оргстекла), в которой высверливаются отверстия диаметром 1 мм для вывода электрорадиоэлементов в соответствии с рис. 5. Для этого выполненную в натуральную величину фотографию печатной платы накладывают на изоляционную плату и по ней как по кондуктору высверливают отверстия. Затем на плату набирают элементы в соответствии с монтажной схемой, а на обратной стороне соединяют их обычными отрезками проводников в изоляции в соответствии с изображением на рисунке.

СВЕТОИМПУЛЬСНЫЙ СИГНАЛИЗАТОР РАСХОЖДЕНИЯ

При сближении двух судов на встречных курсах обязательным условием обеспечения безопасности является обозначение борта, которым судоводитель предполагает расходиться. Обычно для этой цели используют флаги-отмашки. Однако повышение скорости катеров и особенно появление на водных путях скоростных судов на подводных крыльях вызвало потребность в применении

новых технических средств сигнализации, различимых на значительно больших расстояниях и при любых условиях видимости. В последнее время получили распространение светоимпульсные сигнализаторы расхождения, основанные на применении светоимпульсных ламп, размещаемых на бортах судна и обеспечивающих проблесковые сигналы с дальностью видимости до 2 км даже в солнечную погоду. Очень высока эффективность таких сигналов в условиях плохой видимости: в сумерки, ночью, при пасмурной погоде или тумане.

Светоимпульсный сигнализатор расхождения показан на рис. 6. В него входят две импульсные лампы: правого *(1)* и левого *(2)* борта, соединенные с коммутатором *3*, расположенным в районе приборного щитка водителя. Коммутатором осуществляется включение той лампы, которая расположена на борту расхождения. Импульсные лампы соединены также с накопителем энергии *4*, которым осуществляется их импульсное питание. На коммутатор поступают управляющие импульсы, осуществляющие включение ламп, вырабатываемые релаксационным генератором *5*. Необходимое для работы ламп высокое напряжение формируется преобразователем *6*, соединенным через тумблер включения с источником первичного питания *7*. Обычно первичным источником питания служит аккумуляторная батарея катера, но можно использовать и портативные сухие элементы.

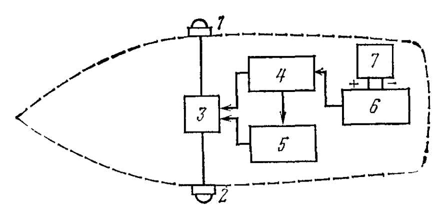


Рис. 6. Светоимпульсный сигнализатор расхождения

Принципиальная схема светоимпульсного сигнализатора расхождения приведена на рис. 7.

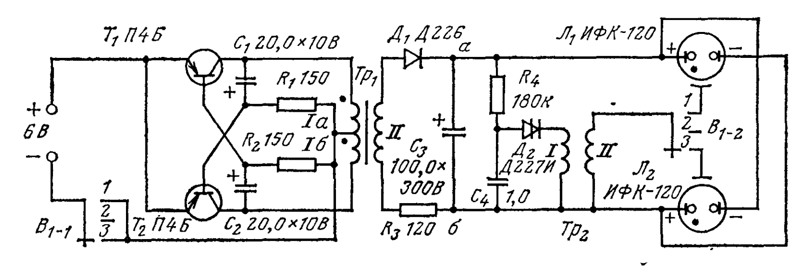


Рис. 7. Принципиальная схема светоимпульсного сигнализатора

Обычно переключатель B_1, состоящий из двух спаренных переключателей $B_{1\text{-}1}$ и $B_{1\text{-}2}$ поставлен в среднее положение *2*. В этом случае прибор обесточен. Когда необходимо обозначить борт, которым будет выполняться расхождение, переключатель переводят в положение, включающее лампу этого борта, т. е. в положение *1* или *3*. Тогда лампа соответствующего борта подключается к выходу накопителя энергии. Напомним, что правому борту соответствует лампа $Л_1$. Тогда при расхождении правым бортом переключатель B_1 переводится в положение *1*. Управляющий электрод импульсной лампы через контакт *1* переключателя $B_{1\text{-}2}$ подключается к обмотке *II* импульсного трансформатора $Тр_2$ релаксационного генератора. Одновременно через контакт *1* переключателя $B_{1\text{-}1}$ подается напряжение питания на преобразователь напряжения, состоящий из транзисторов T_1 и T_2. Транзисторы включены по схеме мультивибратора с емкостными связями, осуществляемыми через конденсаторы C_1 и C_2. Через конденсаторы осуществляется положительная обратная связь с коллектора T_1 на базу транзистора T_2 и с коллектора транзистора T_2 на базу транзистора T_1. Необходимое смещение рабочих точек транзисторов создается через резисторы R_1 и R_2 в цепях без транзисторов. Нагрузкой мультивибратора служит трансформатор $Тр_1$, половины обмотки *I* которого включены между

коллекторами транзисторов T_1 и T_2 и точкой подключения коллекторного питания. Эти половины первичной обмотки включены противофазно.

Преобразователь генерирует переменное напряжение прямоугольной формы. Генерация начинается автоматически в момент подачи напряжения питания вследствие присущего любой симметричной схеме начального разбаланса. За счет положительной обратной связи процесс разбаланса лавинообразно развивается, приводя к быстрому закрыванию одного из транзисторов и соответственному открыванию второго. Лавинообразный процесс прекращается при насыщении открытого транзистора, а после завершения переходного процесса в трансформаторе и цепях обратной связи начинается обратное развитие процесса, при котором закрытый транзистор открывается, что приводит к лавинообразному закрытию другого транзистора. Три отчетливые фазы работы транзисторов мультивибратора и определяют форму выходного напряжения на вторичной обмотке трансформатора $Тр_1$: в процессе переключения транзисторов формируются быстрые перепады напряжения, обеих полярностей, а переходной процесс в цепях мультивибратора сопровождается постоянным уровнем выходного напряжения.

Параметры мультивибратора выбираются обычно таким образом, чтобы длительность переключения транзисторов была во много раз меньше длительности режима насыщения. При выполнении этого условия можно считать форму выходного напряжения прямоугольной. Обычно она бывает симметричной. В этом случае обеспечивается наибольшая энергетическая эффективность преобразователя и наиболее легкий режим работы транзисторов.

Повышающая вторичная обмотка трансформатора $Тр_1$ подключена к накопителю энергии через выпрямительный диод $Д_1$. Резистор R_3 предназначен для ограничения тока через диод в начальный момент заряда конденсатора C_3, когда он представляет собой практически короткозамкнутую цепь. По мере заряда накопительного конденсатора C_3 зарядный ток уменьшается и резистор R_3 практически не влияет на время заряда.

Назначение накопителя, построенного на основе конденсатора C_3 большой емкости, заключается в постепенном накоплении энергии, необходимой для работы импульсной лампы. Для обеспечения такой энергии без накопления потребовался бы источник высокого напряжения большой мощности, применять который нецелесообразно при использовании импульсной лампы, работающей с большой скважностью (около 1000). Время накопления энергии, равное интервалу между вспышками импульсной лампы, составляет 2—3 с. Практика показала, что такой интервал между вспышками наиболее различим. Длительность вспышки импульсной лампы — единицы миллисекунд.

Рабочее напряжение широко применяемой импульсной лампы типа ИФК-120 равно 300 В. При емкости накопительного конденсатора 100 мкФ энергия вспышки равна 4,5 Дж. Следует отметить, что такие условия работы для лампы ИФК-120 значительно легче допустимых, однако форсирование режима работы лампы нецелесообразно по многим причинам. Прежде всего, такой энергии достаточно для выполнения основной функции прибора. Увеличение энергии возможно за счет увеличения емкости накопительного конденсатора или за счет повышения напряжения питания импульсной лампы. Однако увеличение любого из показателей схемы неизбежно приведет к увеличению времени накопления энергии и, следовательно, интервала между вспышками, что нежелательно из-за ухудшения наблюдаемости такого сигнализатора.

Известно, что срабатывание импульсной лампы происходит в результате искрового разряда в межэлектродном промежутке в условиях ионизации газа, находящегося в колбе лампы. Для возникновения ионизации на управляющий электрод должно быть подано высокое напряжение — в несколько киловольт. Ионизирующее напряжение подается в виде короткого импульса положительной полярности.

Периодическое формирование поджигающего импульса с интервалом, оговоренным ранее, выполняется релаксационным генератором, в состав которого входит времязадающая цепь R_4C_4, пороговый формирователь импульса на переключающем диоде или тиратроне и импульсный трансформатор с повышающей вторичной обмоткой. Постоянная времени времязадающей цепи превышает время накопления энергии конденсатором C_3. Питание релаксационного

генератора осуществляется от накопительного конденсатора. Когда напряжение на конденсаторе C_4, заряжающемся через резистор R_4, достигнет напряжения срабатывания управляемого порогового прибора $Д_2$, последний открывается. Конденсатор C_4 разряжается через него на первичную обмотку импульсного трансформатора. За счет тока разряда конденсатора C_4, во вторичной обмотке импульсного трансформатора $Тр_2$ индуцируется импульс высокого напряжения; через переключатель $В_{1-2}$ высоковольтный импульс поступает на поджигающий электрод импульсной лампы, вызывая ее срабатывание.

Разряд конденсатора C_4 прекращается, когда разрядный ток достигает минимального значения, при которой прибор $Д_2$ находится в проводящем состоянии. Затем диод закрывается, и начинается следующий период заряда конденсатора C_4 через резистор R_4. Процесс периодически повторяется до тех пор, пока переключатель $В_1$ находится в рабочем положении *1* или *3*.

При срабатывании импульсной лампы $Л_1$ (или $Л_2$) через нее происходит разряд накопительного конденсатора C_3. Разряд в импульсной лампе прекращается, когда напряжение на накопительном конденсаторе уменьшается до уровня, соответствующего минимальному разрядному току лампы. При выбранных параметрах схемы время разряда составляет примерно 0,5 мс.

Уменьшение напряжения на накопительном конденсаторе по мере течения разряда в лампе является обязательным условием, в результате которого происходит автоматическое прекращение разряда, т. е. обеспечивается импульсный режим разряда. При поддержании на конденсаторе напряжения разряд может перейти в непрерывный. Развязка накопительного конденсатора от источника питания на время разряда осуществляется резистором R_3.

В преобразователе напряжения использованы транзисторы типа П4Б. Их можно заменить любыми транзисторами, предназначенными для переключения мощности низкой частоты, допускающими рассеяние мощности (без теплоотвода) не менее 1 Вт и имеющими структуру *p-n-p* (П602, П209, П210, П201, П203, П216, П217, П302, П304 и др.).

Трансформатор $Тр_1$ выполнен на ферритовом Ш-образном магнитопроводе Ш7×7. Обмотки *Iа* и *Iб* содержат по 40 витков провода ПЭВ 0,64, обмотка *II* содержит 2500 витков провода ПЭВ 0,1. Можно применить магнитопровод из трансформаторной стали. Тогда его сечение должно быть Ш12×15. Обмотки *Iа* и *Iб* должны иметь по 35 витков провода ПЭВ 0,6, а обмотка *II* — 2200 витков ПЭВ 0,1.

Импульсный трансформатор $Тр_2$ выполнен на ферритовом магнитопроводе, в качестве которого можно взять стержень от магнитной антенны диаметром 8 мм и длиной 30 мм. Можно использовать также ферритовое кольцо с наружным диаметром 18 мм и высотой 5 мм. Обмотка *II* состоит из 200 витков провода ПЭЛШО 0,1, а обмотка *I* из трех витков провода ПЭЛ 0,3. Можно взять и стандартный импульсный трансформатор, например типа МИТ или ФИТ. Его обмотки соединяют последовательно, образуя вторичную обмотку. Сверху наматывают три витка первичной обмотки проводом ПЭВ 0,3.

Электролитический конденсатор C_3 должен иметь емкость 100—200 мкФ при рабочем напряжении не менее 300 В (например, электролитический конденсатор К50-3).

Переключающий диод $Д_2$ типа Д227И или Д228И. Можно использовать диоды того же типа серии Ж, однако в этом случае частота срабатывания импульсной лампы увеличится примерно в два раза.

Описанная выше схема прибора проста и достаточно хорошо зарекомендовала себя в эксплуатации. Однако в некоторых случаях может оказаться целесообразным несколько усложнить ее или изменить отдельные элементы. В частности, некоторыми дополнительными преимуществами обладает схема преобразователя напряжения, представленная на рис. 8,*а*. Здесь в мультивибраторе емкостные обратные связи заменены на индуктивные. Преимуществом такого решения является отказ от электролитических конденсаторов в схеме мультивибратора. Это позволяет повысить эксплуатационную надежность прибора, поскольку он эксплуатируется в сложных для электролитических конденсаторов условиях очень высокой влажности и плохого теплоотвода. Осуществить же удовлетворительную герметизацию прибора на практике не удается.

Транзисторы мультивибратора включены по схеме с общим коллектором. Индуктивная обратная связь осуществляется за счет обмоток *III* и *IV*, намотанных на том же сердечнике, что и первичная обмотка *I* и вторичная повышающая обмотка *II*. Данные трансформатора и особенности работы преобразователя с индуктивными обратными связями приведены в разделе, посвященном электронным системам зажигания.

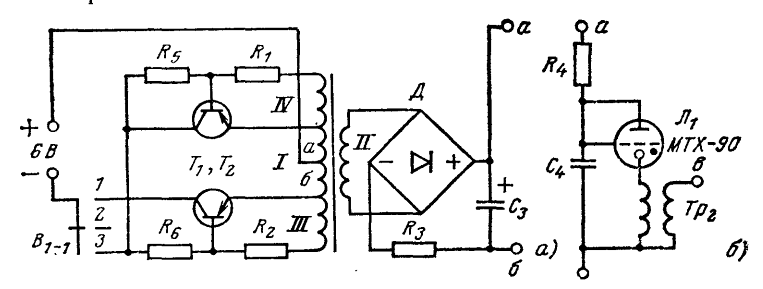


Рис. 8. Преобразователь напряжения *(а)* и автогенератор управляющих импульсов *(б)*

Вместо однополупериодного выпрямителя использован выпрямительный мост *Д*, имеющий вдвое большие значения выходного напряжения и выходного тока и вдвое меньшее обратное напряжение на каждом из диодов. Это позволяет значительно улучшить характеристики (в том числе к. п. д. и надежность) преобразователя и повысить его эффективность за счет некоторого усложнения схемы.

Однако следует подчеркнуть, что все преимущества схемы, приведенной на рис. 8,*а*, не имеют решающего значения при небольших значениях средней мощности (например, светоимпульсный сигнализатор расхождения). В том случае, когда прибор должен быть как можно проще и дешевле, ими можно пренебречь.

На рис. 8,*б* приведена схема релаксационного генератора, выполненная на безнакальном тиратроне типа МТХ-90 взамен переключающего диода. Принцип работы тиратрона (включенного по диодной схеме) подобен принципу работы переключающего диода, их электрические параметры также близки. Вместо безнакального тиратрона можно использовать неоновую лампу с подходящим напряжением зажигания, например типа МН-3.

В тех случаях, когда приборный щиток водителя, на котором располагается переключатель B_1, находится далеко от мест расположения импульсных ламп сигнализатора расхождения, длина проводов, соединяющих импульсный трансформатор $Тр_2$ с управляющими электродами импульсных ламп, может составлять несколько метров. В то же время, по техническим условиям на лампу ИФК-120, надежное ее срабатывание гарантируется в том случае, когда длина соединяющих проводов не превышает десятков сантиметров. Дело в том, что на запуск импульсной лампы подается относительно короткий импульс высокого напряжения (10 кВ), а надежное срабатывание импульсной лампы происходит при крутом фронте и достаточной амплитуде запускающего импульса. Как форма, так и амплитуда импульса запуска сильно зависят от длины соединяющих проводов, их расположения и заметно искажаются при увеличении длины проводов свыше 20—30 см. Особенно сильное влияние на искажение импульса запуска оказывает высокая влажность, характерная для условий использования катера.

На рис. 9 приведена схема светоимпульсного сигнализатора расхождения, в котором длина соединяющих проводов сведена до минимальной. В этом приборе подключение управляющих электродов импульсных ламп к импульсному трансформатору производится с помощью реле, установленного около импульсного трансформатора и управляемого с приборного щитка.

Контакты реле P_{1-1} заменяют контакты B_{1-2}, переключателя схемы, приведенной на рис. 7. Через нормально замкнутый контакт P_{1-1} реле P_1 к вы-

ходной обмотке импульсного трансформатора постоянно подключен управляющий электрод импульсной лампы $Л_1$. Поэтому при необходимости сигнализации о расхождении бортом, на котором установлена лампа $Л_1$, достаточно по-

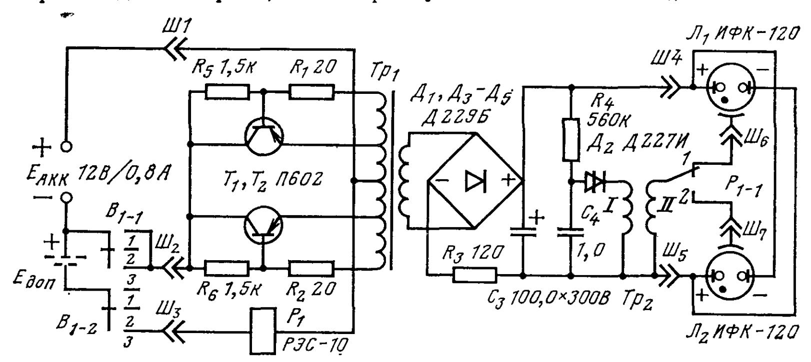


Рис. 9. Улучшенная схема сигнализатора расхождения

дать на прибор питающее напряжение от аккумулятора путем подключения его тумблером, расположенным на приборном щитке водителя (тумблер соответствует переключателю $В_{1-1}$, положение *1*). Для сигнализации о расхождении другим бортом одновременно с подачей на прибор питающего напряжения (положение *3* тумблера $В_{1-1}$) подается также напряжение питания на обмотку реле (контакты $В_{1-2}$ тумблера). Реле срабатывает и подключает к импульсному трансформатору управляющий электрод лампы $Л_2$.

Применение реле позволило сократить расстояние между импульсным трансформатором и лампами сигнализатора до минимального, равного половине расстояния между установленными на катере импульсными лампами.

В приборе может быть использовано любое реле с напряжением срабатывания не более, чем напряжение аккумуляторной батареи. Например, описанный сигнализатор расхождения работает при напряжении аккумуляторной батареи 12 В и в нем применено реле типа РЭС-10 (паспорт Р14.524.303). При напряжении аккумуляторной батареи 6 В можно использовать реле РЭС-10 (паспорт РС4.524.304). Можно также использовать реле, срабатывающее при 12 В, включив последовательно с аккумулятором батарею сухих элементов $Е_{доп}$ напряжением 6 В в цепи управления реле. В качестве такой дополнительной батареи можно взять любые элементы для карманного фонаря, поскольку расход электроэнергии в цепи управления обмоткой реле незначителен.

Следует заметить, что здесь в качестве диодов выпрямительного моста применены диоды типа Д229Б, аналогичные диодам типа Д226, но имеющие другой способ крепления. Конденсатор релаксационного генератора типа МБГО 1,0×300 В.

Описанный сигнализатор расхождения собран на печатной плате. На рис. 10,*б* жирными линиями показаны перемычки, которые следует сделать на плате со стороны расположения элементов (эти перемычки должны быть сделаны при изготовлении печатной платы).

Смонтированная плата, а также конденсаторы $С_3$ и $С_4$ устанавливают на крышке из дюралюминия размером 85×150 мм. Конденсатор $С_3$ укрепляют на уголке в горизонтальном положении, а плату с элементами на двух стойках длиной 13 мм, размещенных под центрами трансформаторов $Тр_1$ и $Тр_2$. Трансформаторы и транзисторы впаивают в плату на жестких выводах. Прибор закрывают дюралюминиевым кожухом высотой 40 мм.

Выводы на импульсные лампы и на приборный щиток делают через разъем, имеющий не менее семи выходных контактов. При размещении контактов следует иметь в виду, что выводы на поджигающие электроды импульсных ламп должны быть удалены от других выводов и от корпуса, так как по ним

поступает импульсное напряжение амплитудой в несколько киловольт, что создает опасность пробоя за счет повышенных утечек на разъеме.

Импульсные лампы помещают в плафоны из оргстекла, применяемые для задней подсветки в автомобилях «Москвич-408». Для того чтобы свет ламп не ослеплял водителя катера, в плафоны вставляют рефлекторы из алюминиевой фольги.

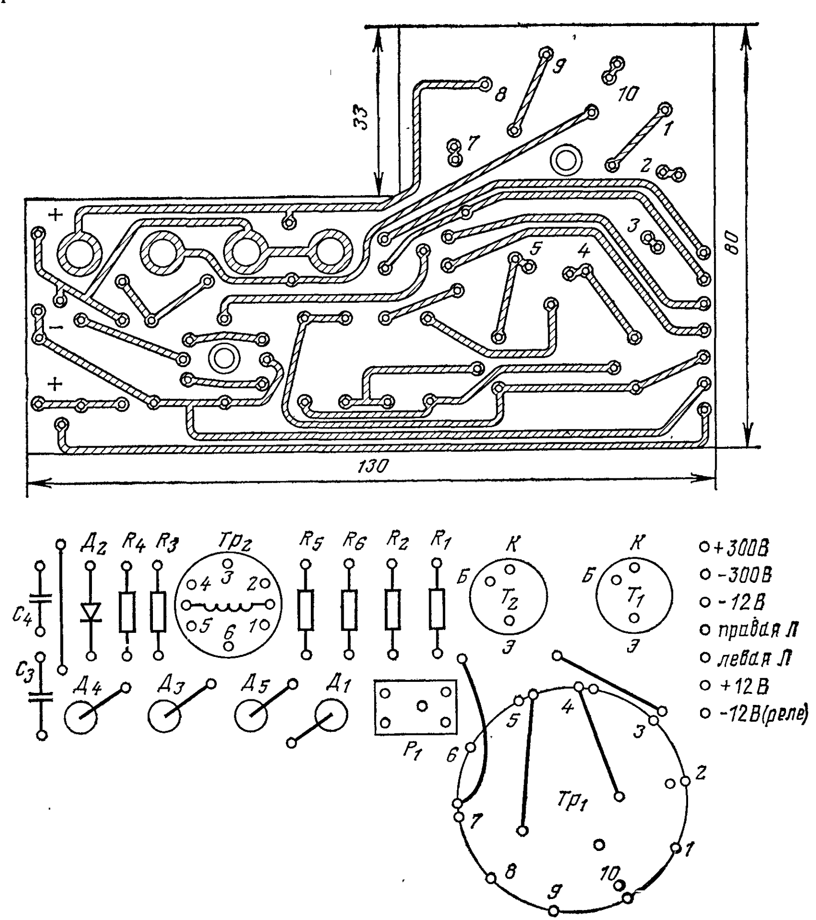


Рис. 10. Печатная плата *(а)* и монтажная схема *(б)* сигнализатора расхождения

Мощные импульсные транзисторы установлены на плате без радиаторов, поскольку прибор предназначен для кратковременных включений лишь на время расхождения (время каждого включения — несколько десятков секунд). За это время транзисторы не успевают перегреться. Однако при отладке прибора надо иметь в виду эту особенность и не включать на длительное время.

Средний ток, потребляемый прибором при работе, не превышает 1 А. Полный состав электронного сигнализатора расхождения (кроме тумблера, располагаемого на приборном щитке водителя, и трехжильного кабеля, соединяющего его с прибором) показан на рис. 11.

При работе в условиях повышенной влажности трансформаторы $Тр_1$ и $Тр_2$ подвержены опасности пробоя из-за повышенных утечек. Чтобы предот-

вратить это и повысить надежность работы прибора, обмотки трансформаторов должны быть защищены от действия влаги. В приложении 2 приведен состав герметизирующего эпоксидного компаунда, применяемого для этой цепи. Технология герметизации трансформатора $Тр_1$ кратко приведена на стр. 51. Подобным же образом герметизируется и импульсный трансформатор. Следует отметить, что импульсные трансформаторы промышленного производства (например, МИТ) уже пропитаны герметизирующим составом и достаточно надежны.

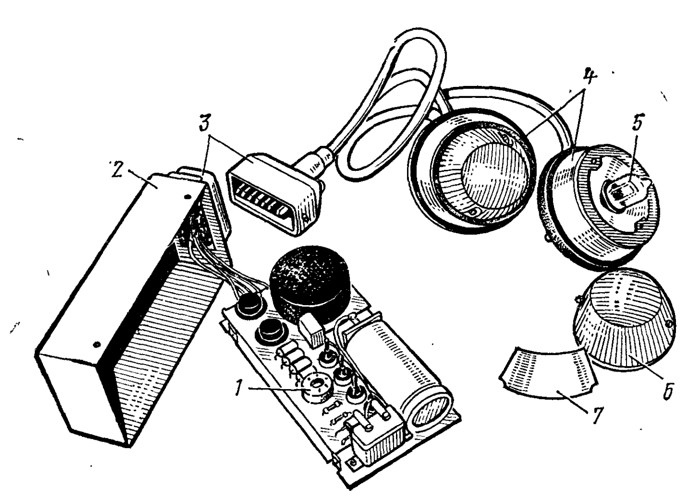


Рис. 11. Сигнализатор расхождения:
1 — монтажная плата; *2* — кожух; *3* — разъем; *4* — плафоны с импульсными лампами; *5* — импульсная лампа; *6* — обтекатель плафона; *7* — рефлектор

КОМАНДНАЯ РАДИОЛИНИЯ

При походе двух катеров организация их совместного движения и взаимодействия значительно упрощается при использовании командной радиосвязи, повышается безопасность движения и создаются значительные удобства. Однако следует иметь в виду, что существующие правила ограничивают возможность использования передатчиков и строго регламентируют параметры излучаемого сигнала. Поэтому принятие решения о постройке даже простейшего передатчика следует в любом случае согласовать с местным радиоклубом ДОСААФ.

Простейшим и наиболее доступным средством радиосвязи между бортами двух катеров может служить однокомандная радиолиния с параметрами сигнала, оговоренными для имеющегося в продаже комплекса «Сигнал», предназначенного для телеуправления моделями и передачи команд. Параметры передатчика следующие: несущая частота 27, 120 МГц; мощность не более 10 мВт; частота модуляции 1000 Гц±50%; ток потребления не более 17 мА; напряжение питания 9 В.

При использовании командоаппарата (о нем будет сказано ниже) с помощью однокомандного передатчика может быть передано несколько различных команд. Прием команды на втором катере, оборудованном приемником, позволяет своевременно выполнить необходимый маневр.

Работает командная радиолиния следующим образом. Для подачи команды передатчик включается путем подсоединения его к источнику питания через контакты кнопки включения. Передатчиком начинают излучаться колебания на несущей частоте, модулированные командным сигналом. Находящийся на борту абонента приемник, настроенный заранее на несущую частоту передатчика и включенный (в дежурном режиме), принимает излученный сигнал, усили-

вает его, выделяет командную частоту модуляции и подает сигнал на исполнительный орган, например на реле, включающее зуммер при звуковой индикации сигнала или лампочку при световой индикации. На катерах с подвесными моторами, имеющими высокий уровень шума, наиболее надежный и целесообразный вид индикации — световая. Факт приема команды индицируется загоранием лампочки на приборном щитке водителя, а при использовании командоаппарата — загоранием одной из лампочек на транспарантах с надписями команд.

Принципиальная схема передатчика «Сигнал» приведена на рис. 12. Передатчик состоит из задающего генератора и модулятора. Задающий генератор построен на транзисторе T_1 по схеме емкостной «трехточки». Колебательный контур генератора состоит из катушки индуктивности L_1 и конденсаторов C_2

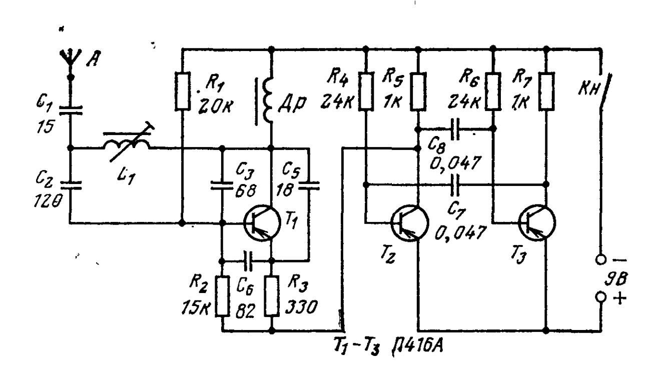


Рис. 12. Прииципиальная схема передатчика «Сигнал»

и C_3, емкости которых определяют частоту колебаний. В цепь коллектора транзистора T_1 включен дроссель *Др*. Смещение на транзисторе генератора обеспечивается делителем, состоящем из резисторов R_1 и R_2.

Напряжение питания на задающий генератор поступает с коллектора транзистора T_2, входящего в схему модулятора. В качестве модулятора использован симметричный мультивибратор на транзисторах T_2 и T_3, работающий с частотой переключения около 1000 Гц. Модулятор начинает работать при подаче на него питания кнопкой команд *Кн*. Когда в процессе работы мультивибратора открывается транзистор T_2, потенциал его коллекторного вывода становится близким к потенциалу положительной шины источника питания, что обеспечивает протекание тока через транзистор T_1 задающего генератора. Таким образом, передатчиком при нажатии на кнопку *Кн* передается лишь одна команда в виде пачки излучаемого модулированного сигнала. Однако последующий подсчет переданных команд в приемной аппаратуре (с помощью командоаппарата) позволяет передать некоторый дополнительный объем командной информации.

Следует отметить, что недопустимо включение передатчика без антенны, так как это может привести к выходу из строя транзистора задающего генератора из-за его перегрузки.

На рис. 13 приведена схема однокомандного приемника (с чувствительностью не хуже 10 мкВ), который может работать совместно с передатчиком «Сигнал». Дальность действия радиолинии составляет 1 км [23].

Приемник состоит из сверхрегенеративного детектора на транзисторе T_1, трехкаскадного усилителя низкой частоты на транзисторах T_2—T_4 и дешифратора с усилителем тока на транзисторах T_5 и T_6. Каскад на транзисторе T_4 является одновременно ограничителем амплитуды командного сигнала.

Высокочастотный модулированный сигнал передатчика, наведенный в антенне приемника, через конденсатор C_3 поступает в цепь коллектора транзистора T_1, который осуществляет усиление и детектирование сигнала. Подстройка приемника на несущую частоту передатчика осуществляется карбонильным под-

строечным сердечником катушки L_1 контура L_1C_5 в коллекторной цепи транзистора.

Командный сигнал выделяется на нагрузочном резисторе R_3 сверхрегенеративного детектора и через фильтр R_4C_7 и разделительный конденсатор C_8 поступает на базу транзистора T_2 первого каскада усилителя низкой частоты, а с его нагрузочного резистора R_6 непосредственно на базу транзистора T_3 второго каскада усилителя. Нагрузкой второго каскада служит резистор R_9. Создающееся на нем напряжение сигнала через конденсатор C_{10} подается на базу транзистора T_4 третьего каскада, а усиленный и ограниченный им по амплитуде сигнал — на вход дешифратора.

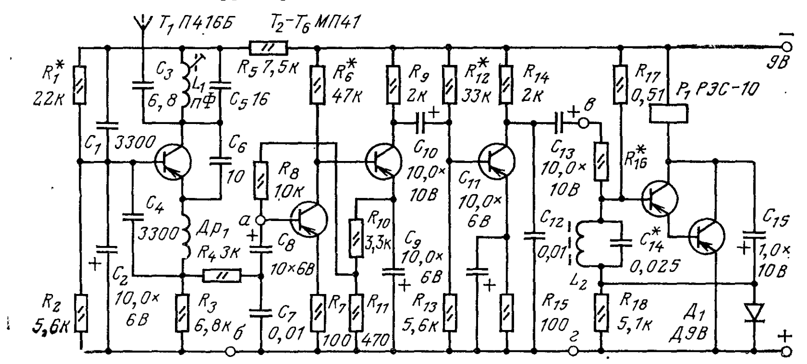


Рис. 13. Принципиальная схема командного приемника

Напряжение смещения на базу транзистора T_2 поступает через резистор R_8 с делителя напряжения $R_{10}R_{11}$, включенного в эмиттерную цепь транзистора T_3. Через резистор R_8 осуществляется отрицательная обратная связь по току между транзисторами T_3 и T_2. Смещение на базе транзистора T_3 зависит от режима работы транзистора T_2, так как между этими транзисторами существует непосредственная связь.

Фильтр дешифратора состоит из низкочастотного контура L_2C_{14}, настроенного на частоту модуляции передатчика. Выделенное им напряжение командного сигнала усиливается транзисторами T_5T_6, в результате чего срабатывает электромагнитное реле P_1, включающее своими контактами цепь питания электрической лампочки или зуммера (при звуковой индикации). Конденсатор C_{15}, диод $Д_1$ и резистор R_{18} образуют ячейку, через которую из коллекторной цепи составного транзистора на базу транзистора T_5 подаются отрицательные импульсы напряжения, открывающие транзистор T_5. Резистором R_{16} на входе дешифратора регулируют ширину полосы пропускания низкочастотного сигнала передатчика. Его сопротивление должно быть такое, чтобы реле надежно срабатывало, а ширина полосы пропускания не превышала 200 Гц.

Примененные в приемнике транзисторы типа П416Б и МП41 должны иметь статический коэффициент усиления не менее 40. Транзистор П416Б можно заменить транзистором типа П403, а МП41 — транзисторами типа МП39, МП40, МП42.

Катушка L_1 намотана на каркасе фильтра промежуточной частоты от телевизора «Рубин» и содержит 10 витков провода ПЭЛ-1 ∅0,5 мм. Основой дросселя $Др_1$ служит резистор типа МЛТ-0,5 сопротивлением не менее 1 МОм. На нем намотано 200 витков провода ПЭЛ-1 0,1. Индуктивность дросселя около 40 мкГн.

Катушка L_2 фильтра дешифратора, рассчитанного на частоту модуляции передатчика «Сигнал» (1000 Гц±50%), содержит 460 витков провода ПЭЛ 0,1. Катушка намотана на двух сложенных торцами ферритовых кольцах 1000НН диаметром 10 мм и высотой 6 мм.

Налаживание сверхрегенеративного детектора сводится в основном к подбору сопротивления резистора R^*_1. Для настройки вместо него впаивают пере-

менный резистор сопротивлением 47 кОм и добиваются характерного для сверхрегенератора шума в высокоомных телефонах, подключенных к точкам *в* и *г* через конденсатор емкостью 0,5—1,0 мкФ. После этого изменяя индуктивность катушки L_1 с помощью подстроечного сердечника, приемник настраивают на одну из любительских станций в диапазоне 28,0—29,7 МГц или на сигнал передатчика, с которым он будет работать. Добившись хорошего приема сигналов на головные телефоны, переменный резистор заменяют постоянным такого же сопротивления.

Налаживание усилителя низкой частоты производят подбором сопротивлений резисторов R^*_6 и R^*_{12}, добиваясь наибольшей громкости сигналов передатчика.

При наличии звукового генератора и лампового вольтметра усилитель низкой частоты налаживают в таком порядке. К точкам *а* и *б* подключают звуковой генератор, а к *в* и *г* — ламповый вольтметр. От звукового генератора на вход усилителя подают сигнал частотой 1000 Гц, напряжением 5—10 мВ. Затем подбором сопротивлений резисторов R^*_6 и R^*_{12} добиваются наибольшего отклонения стрелки вольтметра.

Контур L_2C_{14} дешифратора настраивают на частоту кодирующего устройства передатчика путем изменения числа витков катушки L_2 и подбора емкости конденсатора C^*_{14}. Для настройки контура нужны звуковой генератор и миллиамперметр со шкалой 100 мА. С выхода генератора на вход дешифратора (точки *в* и *г*) подают сигнал соответствующей частоты напряжением 3,5 В, а миллиамперметр включают последовательно с реле P_1. Момент резонанса определяют по наибольшему току на выходе дешифратора, который для реле типа РЭС-10 составляет 50 мА. Одновременно подбором сопротивления резистора R^*_{16} устанавливают ширину полосы пропускания фильтра дешифратора на резонансной частоте в пределах 190—210 Гц.

При отсутствии измерительных приборов приемник можно налаживать по сигналам передатчика, но это требует значительно большего времени. На частоту передатчика приемник настраивается с подключенной к нему антенной, роль которой может играть изолированный проводник или штырь длиной 60—80 см. Приемник должен быть отнесен от передатчика не менее чем на 50 м.

На рис. 14 приведена схема приемника радиолинии, обладающая более высокой чувствительностью, надежностью срабатывания и стабильностью [24]. Чувствительность приемника не менее 5 мкВ обеспечивается применением входного усилителя высокой частоты.

Высокочастотный сигнал передатчика принимается на антенну приемника и через конденсатор C_1 поступает на вход двухкаскадного усилителя высокой

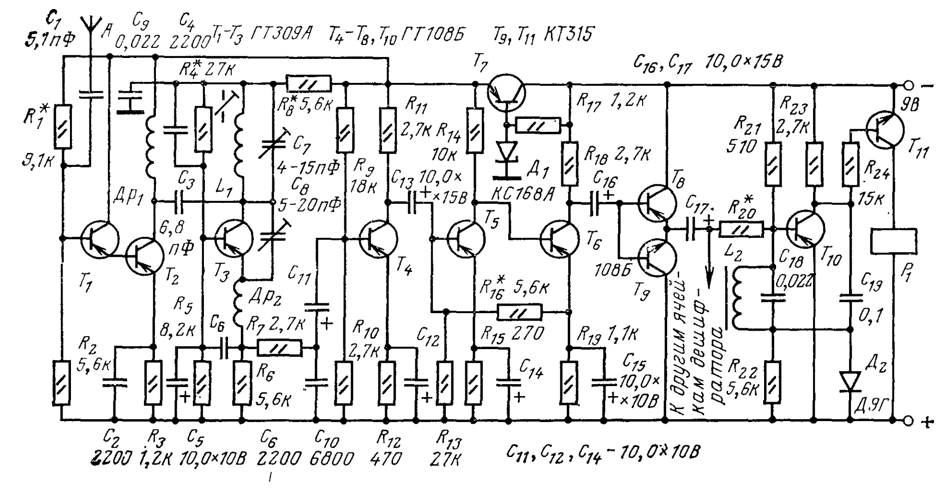


Рис. 14. Схема чувствительного приемника

частоты на транзисторах T_1, T_2. Смещение на базу транзистора T_1 подается с делителя напряжения на резисторах R_1R_2. В эмиттерную цепь транзистора T_2 включен резистор R_3, стабилизирующий режим усилителя. Конденсатор C_2 ослабляет отрицательную обратную связь по переменному току. С дросселя $Др_1$ в коллекторной цепи транзистора T_2 усиленный сигнал через разделительный конденсатор C_3 поступает в цепь коллектора сверхрегенеративного детектора на транзисторе T_3, включенного по схеме с общей базой. Подстройка приемника на частоту передаваемого сигнала выполняется карбонильным сердечником катушки L_1 и конденсатором C_7, составляющими резонансный контур. Избирательность приема определяется качеством этого контура. Оптимальный режим сверхрегенератора устанавливается подстроечным конденсатором C_8, а частота самогашения определяется резистором R_6 и конденсатором C_6. Дроссель $Др_2$ предотвращает проникновение высокочастотного сигнала на вход усилителя низкой частоты.

Командный сигнал выделяется на резисторе R_6, являющемся нагрузкой сверхрегенеративного детектора. Через фильтр R_7C_{10} и конденсатор C_{11} он поступает на вход трехкаскадного усилителя низкой частоты на транзисторах T_4—T_6. Транзистор T_4 первого каскада усилителя включен по схеме с общим эмиттером. Напряжение смещения на его базу подается с делителя R_9R_{10}. Усиленный сигнал выделяется на нагрузочном резисторе R_{11} и через конденсатор C_{13} поступает на базу транзистора T_5 второго каскада. Коллектор этого транзистора непосредственно соединен с базой транзистора T_6 третьего каскада усилителя. Для повышения стабильности работы второго и третьего каскадов усилителя они охвачены отрицательной обратной связью по постоянному току, глубина которой регулируется подбором резистора R_{16}.

Выделенный на резисторе R_{18} усиленный командный сигнал через конденсатор C_{16} поступает на двухтактный эмиттерный повторитель на транзисторах T_8 и T_9, согласующий выходное сопротивление усилителя низкой частоты с относительно небольшим входным сопротивлением дешифратора.

С выхода эмиттерного повторителя командный сигнал поступает на вход дешифратора (или дешифраторов) через конденсатор C_{17}. Реагирует на командный сигнал лишь та ячейка дешифратора, резонансный контур которой настроен на частоту командного сигнала. Пока сигнала на входе дешифратора нет, транзистор T_{10} практически закрыт, так как напряжение смещения на его базе, снимаемое с делителя напряжения $R_{21}R_{22}$, мало. Транзистор T_{11} также практически закрыт, поэтому его коллекторный ток недостаточен для срабатывания реле ячейки.

При поступлении командного сигнала с частотой, равной резонансной частоте ячейки, сопротивление контура L_2C_{18} на резонансной частоте оказывается значительным и создающееся на нем переменное напряжение командной частоты усиливается транзистором T_{10}. С нагрузочного резистора R_{23} усиленный сигнал поступает через конденсатор C_{19} на диод $Д_2$, выпрямляется им и в отрицательной полярности подается на базу транзистора T_{10} через катушку L_2 контура. Транзистор T_{10} открывается, падение напряжения на нагрузочном резисторе R_{23} увеличивается, что приводит к открыванию транзистора T_{11}. Реле P_1 срабатывает, включая исполнительное устройство, в данном случае сигнальную лампу или командоаппарат.

Для повышения надежности работы приемника напряжение питания усилителя высокой частоты, сверхрегенеративного детектора и первых двух каскадов усиления низкой частоты стабилизировано параметрическим стабилизатором на транзисторе T_7 и стабилитроне $Д_1$. При колебаниях сети от 7,2 до 9,2 В напряжение на выходе стабилизатора изменяется в пределах 6,2—6,8 В.

Потребляемый приемником ток от источника питания не превышает 30 мА.

Приемник смонтирован на печатной плате размером 68×100 мм и толщиной 1,5—2 мм. Использованы резисторы типа УЛМ или МЛТ-0,25, переменные резисторы типа СПО, подстроечные резисторы типа СП-3б, конденсаторы КТ, КД, КЛС, подстроечные конденсаторы КПК-М, электромагнитные реле типа РЭС-10 (паспорт РС4.526.302). В качестве антенны можно применить отрезок изолированного провода длиной 300 мм или телескопическую антенну от транзисторных приемников. Дроссели $Др_1$ и $Др_2$ приемника намотаны проводом

ПЭВ-1 0,1 на керамических каркасах диаметром 6 мм. Первый из них содержит 80, а второй — 150 витков.

Катушка L_1 приемника намотана на полистироловом каркасе диаметром 8 мм от фильтров ПЧ телевизора «Рубин». Катушка намотана виток к витку проводом ПЭВ-1 0,5 и содержит 10 витков. Индуктивность катушки без сердечника составляет 0,5 мкГн.

Прежде чем приступить к налаживанию приемника, от него временно отпаивают дешифратор. Потребляемый в этом случае ток не должен превышать 15—20 мА. Причиной завышенного тока может быть только ошибка в монтаже или неисправная деталь.

Затем подключают дешифратор и убеждаются в нормальной работе стабилизатора напряжения. Если схема исправна, то сразу же после включения питания на выходе стабилизатора устанавливается напряжение 6,2—6,8 В, определяемое напряжением стабилизации примененного стабилитрона. Затем к правому по схеме выводу конденсатора C_{17}, отпаянного предварительно от входа дешифратора, подключают осциллограф и вольтметр переменного тока, а на базу транзистора T_4 через бумажный конденсатор емкостью 0,5—1,0 мкФ подают от звукового генератора сигнал частотой 1000 Гц и напряжением 1 мВ. Предварительно от базы транзистора T_4 отпаивают конденсатор C_{11}. Подбором резисторов R^*_9 и R^*_{16} добиваются показаний вольтметра в пределах 2,8—3,2 В, а на экране осциллографа контролируют симметричность ограничения амплитуды сигнала.

Усилитель высокой частоты на транзисторах T_1 и T_2 и сверхрегенеративный детектор на транзисторе T_3 лучше всего налаживать по сигналам передатчика, с которым приемник будет работать. Передатчик с антенной для этого устанавливают на расстоянии 10—15 м от приемника. К выходу приемника подключают осциллограф, вольтметр переменного тока и высокоомные головные телефоны. Включают питание приемника и подбором резистора R_4 в базовой цепи транзистора T_3 добиваются появления свистящего звука в телефонах, переходящего в шум. При этом на экране осциллографа должна быть видна сплошная полоса шума, а вольтметр должен показывать напряжение около 3 В. Затем, включив питание передатчика, сердечником катушки L_1 и конденсатором C_7 настраивают контур сверхрегенератора на несущую частоту передатчика, после чего добиваются максимального уровня сигнала на выходе приемника подбором сопротивления резистора R_1 и емкости конденсатора C_8.

При точной настройке на несущую передатчика вольтметр, подключенный к выходу приемника, должен показывать напряжение 2,8—3,2 В, а на экране осциллографа четко видна модуляция несущей. О точной настройке приемника судят по максимальной амплитуде импульсов на экране осциллографа.

Контур ячейки дешифратора настраивают на выбраннную частоту подбором емкости входящего в контур конденсатора, а если этого оказывается недостаточно, то изменением числа витков катушки.

Затем восстанавливают соединение входа дешифратора с конденсатором C_{17}. Контур L_1C_7 приемника подстраивают на несущую частоту передатчика и подбором сопротивлений подстроечного резистора R_{20} ячейки дешифратора устанавливают полосу пропускания контура в пределах 200—300 Гц.

Окончательную проверку и подстройку радиолинии производят при разносе приемника и передатчика на 100—200 м.

Однокомандным передатчиком типа «Сигнал» можно передать не только одну команду, но ряд команд, если принять заранее запрограммированную последовательность смены этих команд. Выбор команд осуществляется командоаппаратом, подключаемым к выходу приемника (к источнику питания) контактом выходного реле. Командоаппарат состоит из электродвигателя *1* (рис. 15), храповика *2* с возвратной пружиной *3* и ограничителем шага *4*, программного диска *5* и распределительных скользящих контактов *6*. Количество и последовательность команд зависят от количества скользящих контактов и шагов храпового механизма. Так, в комплексе «Сигнал-1» используются пять команд (*Стоп, Реверс, Вперед, Вправо, Влево*), передаваемых в следующей последовательности: *Стоп, Реверс, Вперед, Стоп, Вправо, Вперед, Стоп, Влево, Вперед*. Естественно, что как набор команд так и их последовательность могут свободно варьироваться в зависимости от потребности. Смена команд происхо-

дит за счет изменения комбинации контактов, включаемых при каждом шаге. Каждое очередное включение передатчика означает передачу следующей команды из последовательности запрограммированных команд. Если необходимо подать какую-либо команду, минуя предыдущие, следует включить передатчик несколько раз, чтобы быстро переключить программный диск в нужное положение. В этом положении он останется до подачи следующей команды.

Это позволяет установить на приборном щитке катера несколько транспарантов с лампочками, подключаемыми к программному диску командоаппарата. На транспарантах обозначаются наименования передаваемых команд.

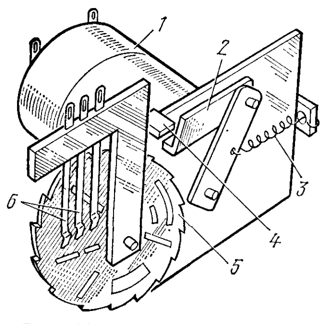


Рис. 15. Устройство командоаппарата

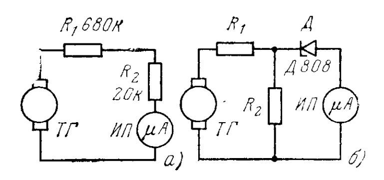


Рис. 16. Схема электромеханического тахометра *(а)* и тахометра с растянутой шкалой *(б)*

ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ

ТАХОМЕТРЫ

Тахометр является эффективным средством, позволяющим количественно оценить работу двигателя. Он применяется при регулировках двигателя и при его эксплуатации. С помощью тахометра измеряется частота вращения вала мотора во всем диапазоне его режимов. Этот диапазон составляет от 100—200 об./мин в режиме холостого хода до 6000—7000 об./мин в форсированном режиме.

На рис. 16,*а* приведена схема простейшего электромеханического тахометра [22], состоящего из тахогенератора *ТГ*, который с помощью гибкого валика соединяется с валом двигателя, и измерительного прибора *ИП*. Тахогенератор представляет собой коллекторный генератор постоянного тока, напряжение на зажимах которого прямо пропорционально числу оборотов вала. Благодаря этому шкала измерительного прибора линейна. Можно использовать тахогенераторы типа ТГП-3 или ТГП-1. Резисторы R_1 и R_2 типа МЛТ-0,5 предназначены для согласования тахогенератора с измерительным прибором и подбора масштаба шкалы прибора. При калибровке подбирают сопротивление резистора R_2. В качестве измерительного прибора использован микроамперметр типа М24 с максимальным отклонением стрелки при токе 50 мкА.

В случае применения другого измерительного прибора или другого тахогенератора сопротивление резистора R_1 и R_2 определяется из следующего соотношения:

$$R_1 + R_2 = U_n / I_{\text{макс}},$$

где R_1 и R_2 — сопротивления, кОм; $I_{\text{макс}}$ — максимальный ток измерительного прибора, мА, U_n — напряжение тахогенератора при максимальной частоте вращения *n*, В. Как правило, измерения тахометром выполняются при частоте, превышающей 1500 об./мин.

Для увеличения масштаба шкалы и повышения точности и удобства измерений, можно растянуть участок шкалы прибора в интересующей части диапазона частот так, что на него будет приходиться до 90% шкалы. На рис.

16,*б* приведена схема тахометра с растянутой шкалой. Измерения начинаются с частоты 1500 об./мин. Для этого последовательно с измерительным прибором включен полупроводниковый стабилитрон типа Д808, который открывается и начинает пропускать ток, лишь когда напряжение тахогенератора превысит 8 В. Пока напряжение на резисторе R_2 не достигнет значения, при котором открывается диод (т. е. напряжения стабилизации), соответствующего началу измеряемого диапазона скоростей, измерительный прибор будет показывать значения тока, близкие к нулю.

Делитель напряжения, составленный из резисторов R_1 и R_2, определяет диапазон растяжки шкалы тахометра. Сопротивления резисторов определяют по следующим формулам:

$$R_1 = \frac{u_{n2} - u_{n1}}{I_{\text{макс}} - I_{\text{мин}}}; \qquad R_2 \neq \frac{u_{\text{стаб}} R_1}{u_{n1} - u_{\text{стаб}} + I_{\text{мин}} R_1},$$

где u_{n1} — напряжение тахогенератора при частоте вращения n_1, соответствующей нижнему пределу измеряемого диапазона; u_{n2} — напряжение тахогенератора при частоте вращения n_2, соответствующей верхнему пределу измеряемого диапазона оборотов; $I_{\text{макс}}$ — максимальный ток измерительного прибора; $I_{\text{мин}} = 0{,}1\, I_{\text{макс}}$; $u_{\text{стаб}}$ — напряжение стабилизации диода.

Градуировку тахометра выполняют следующим образом. Тахогенератор выключают и к зажимам *1*, *2* подают постоянное напряжение от какого-либо источника, например от последовательно соединенных батареек от карманного фонаря. Сначала подают напряжение u_{n2}, соответствующее верхнему пределу измеряемого диапазона оборотов вала двигателя. Например, для мотора «Вихрь» этот предел составляет 5000 об./мин, для мотора «Москва-25» — 4800 об./мин. При напряжении u_{n2} подбирают сопротивление резистора R_2 таким, чтобы стрелка прибора отклонилась на всю шкалу. Затем устанавливают напряжение u_{n1}, соответствующее минимальным оборотам вала, и отмечают показание стрелки измерительного прибора. Промежуточные показания прибора интерполируют, исходя из предположения, что шкала тахометра линейна.

Расширить или уменьшить диапазон измерений оборотов вала двигателя можно увеличением или уменьшением сопротивления резистора R_1. Если необходимо обеспечить высокую точность измерений, градуировка шкалы измерительного прибора производится в нескольких точках подбором соответствующего напряжения и подачей его на измерительную схему. При этом значения напряжений, соответствующие различным оборотам, получают при измерении зависимости $u_{\text{вых}} = f(n)$, где $u_{\text{вых}}$ — выходное напряжение тахогенератора.

При установке тахогенератора на моторе необходимо принять специальные меры для амортизации тахогенератора. Пример крепления тахогенератора на моторе показан на рис. 17. Тахогенератор *1* укрепляется хомутом *4* в крон-

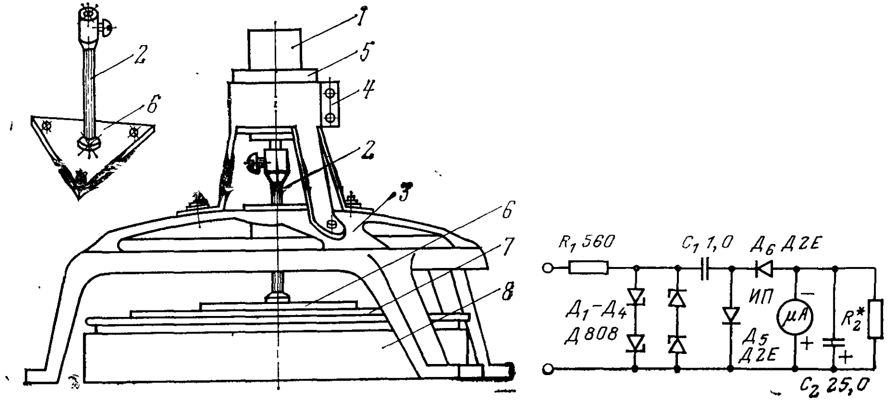


Рис. 17. Установка электромеханического тахометра на моторе «Вихрь»

Рис. 18. Схема электронного тахометра

штейне, устанавливаемом на корпус ручного стартера *3*. Для амортизации тахогенератора между ним и хомутом кронштейна применена прокладка из пористой резины *5*. Вал тахогенератора соединен с валом двигателя с помощью гибкого валика *2*. В качестве гибкого валика может быть использован трос от автомобильного спидометра. На вал тахогенератора трос крепят с помощью переходной муфты. Для крепления троса к валу двигателя применена соединительная пластинка *6*, соединенная с гибким валиком и имеющая три отверстия, соответствующие отверстиям храповика ручного стартера. Через эти отверстия пластину закрепляют вместе с храповиком *7* на маховике мотора *8*. Детали крепления гибкого валика показаны на рис. 17 сверху.

Измерительный прибор, резисторы и диод устанавливают на приборном щитке водителя и соединяют с тахогенератором двумя проводами через разъем. Применение разъема обязательно, потому что мотор часто приходится снимать с катера, и в этих случаях провода должны легко отсоединяться от тахогенератора.

Описанная схема тахогенератора с растянутой шкалой испытывалась на моторе «Вихрь» и показала хорошие результаты. Погрешность измерений не превышала ±2,5%. Такой тахогенератор может быть установлен на любом подвесном моторе.

Недостатком описанного измерителя является необходимость иметь тахогенератор, а также невозможность его установки на мотор с кожухом. В крайнем случае, чтобы избежать повреждения тахогенератора при вибрациях мотора, в кожухе должно быть вырезано отверстие, диаметр которого в 2 раза превышает диаметр тахогенератора.

Ниже описана схема электронного тахометра для подвесного мотора. Схема прибора приведена на рис. 18. Тахометр предназначен для измерения числа оборотов вала подвесных моторов, оборудованных магдино типа МН-1 с генераторными катушками для системы электроосвещения. Устройство позволяет измерять частоту оборотов в диапазоне 1000—5000 об./мин с погрешностью не более 3%.

Переменный ток, снимаемый с обмоток генераторных катушек, через резистор R_1 поступает на двусторонний ограничитель напряжения $Д_1$—$Д_4$, каждая из ветвей которого выполнена на двух кремниевых стабилитронах типа Д808. Ограниченное до 1,2 В напряжение подается на частотно-зависимый детектор, состоящий из конденсатора C_1 и диодов $Д_5$ и $Д_6$, а затем на измерительный прибор. Для сглаживания пульсаций выпрямленного напряжения параллельно измерительному прибору включен конденсатор C_2. Резистор R_2 служит для регулировки чувствительности прибора.

Градуировку шкалы измерительного прибора выполняют с помощью звукового генератора типа ГЗ-33 или ГЗ-34. От генератора выходное напряжение подается на вход электронного тахометра. Установив на генераторе частоту входного напряжения (по табл. 1), проверяют показания измерительного при-

Таблица 1

Входное напряжение, В	4	5,5	7	8,5	10	12	13,5	15	16
Частота, Гц	42	62	81	103	126	146	164	185	200
Деления шкалы, об./мин	1000	1500	2000	2500	3000	3500	4000	4500	5000

бора и отмечают соответствующую показаниям точку шкалы тахометра. При несовпадении шкалы тахометра (рис. 19,*а*) и положения стрелки прибора при градуировке более чем в двух точках следует несколько изменить емкость конденсатора C_1. Например, при подаче на вход напряжения 4 В частотой 42,4 Гц стрелка прибора показывает деление, соответствующее 1500 об./мин, а

в табл. 1 указано 1000 об./мин. Тогда емкость конденсатора C_1 надо уменьшить. Если относительно указанных в табл. 1 значений оказываются сдвинутыми все деления шкалы, необходимо отрегулировать сопротивление резистора R_2.

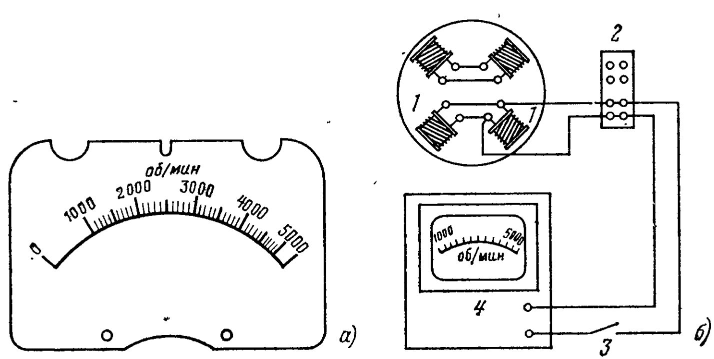


Рис. 19. Шкала тахометра *(а)* и схема подключения тахометра *(б)* к магдино:
1 — генераторные катушки; *2* — соединительная колодка; *3* — выключатель; *4* — электронный тахометр

Градуировку шкалы измерительного прибора можно выполнить и по механическому или электрическому тахометру на лодочном подвесном моторе. Для этого показания подключенного к генераторным катушкам мотора электронного тахометра, который необходимо градуировать, сравнивают с показаниями контрольного тахометра. При таком способе точность градуировки будет несколько ниже.

При испытаниях электронного тахометра с лодочным мотором типа «Нептун» погрешность показаний при максимальных оборотах не превышала 30—50 об./мин, т. е. 1%. С уменьшением частоты вращения точность нарастает.

Для того чтобы не ухудшать условия запуска мотора, электронный тахометр должен подключаться к генераторным катушкам мотора с помощью тумблера лишь после запуска мотора. Схема подключения тахометра к магдино мотора показана на рис. 19,*б*.

На рис. 20 приведена еще одна простая схема электронного тахометра, предназначенного для двухцилиндровых лодочных моторов, например для мотора типа «Ветерок» или «Москва» [12].

Преимуществом этой схемы является возможность раздельно контролировать наличие импульсов в системе зажигания каждого цилиндра. Это в некото-

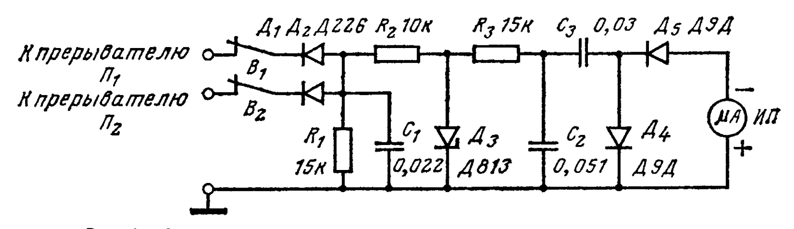


Рис. 20. Электронный тахометр для двухцилиндрового двигателя

рых случаях позволяет по показаниям тахометра установить не только факт нарушения работы системы зажигания, но и обнаружить, в каком цилиндре система зажигания неисправна.

Импульсы напряжения, образующиеся во время работы магнето на конденсаторах системы зажигания, имеют форму затухающих колебаний. Для работы тахометра используются только отрицательные импульсы напряже-

ния. Через диоды $Д_1$ и $Д_2$ они поступают на конденсатор C_1, заряжая его до амплитудного значения импульсного напряжения. Постоянная времени разряда конденсатора C_1 через резистор R_1 выбрана такой, чтобы конденсатор не успел заметно разрядиться за время одного импульса, но был полностью разряжен к приходу следующего импульса зажигания.

Полученные на конденсаторе C_1 импульсы ограничиваются по амплитуде цепочкой из резистора R_2 и стабилитрона $Д_3$. Выброс фронта импульса, не ограничиваемый стабилитроном $Д_3$, сглаживается интегрирующей цепочкой R_3C_2. С интегрирующей цепочки импульсы поступают на схему измерения частоты следования импульсов, состоящую из конденсатора C_3, диодов $Д_4$ и $Д_5$ и микроамперметра *ИП* чувствительностью 50 мкА на шкалу.

Градуировка тахометра производится на рабочем столе. На один из его входов (на диод $Д_1$ или $Д_2$) через добавочный резистор подается напряжение сети переменного тока 127 или 220 В. Сопротивление добавочного резистора 50—100 кОм. При частоте сети переменного тока 50 Гц показания стрелки прибора будут соответствовать 1500 об./мин. для двухцилиндрового мотора или 3000 об./мин одноцилиндрового при максимальном значении шкалы 5000 об./мин. Если стрелка не совпадает с показанием 1500 об./мин, то следует подобрать емкость конденсатора C_3 до полного совпадения показания прибора.

При установке тахометра на катере входные диоды $Д_1$ и $Д_2$ подключают к контактам прерывателей ($П_1$, $П_2$) системы зажигания двигателя. При этом на пульте водителя устанавливают тумблеры, позволяющие по отдельности разорвать цепь подключения тахометра к одному и другому цилиндрам. При нормальной работе мотора показания тахометра при максимальных оборотах соответствуют частоте вращения около 5000 об./мин. Если обороты резко уменьшаются, тумблерами поочередно отключаются то один, то другой вход тахометра. При неисправности конденсатора, прерывателя или свечи в системе зажигания одного из цилиндров отключение тахометра от этого цилиндра не приводит к изменениям показаний измерительного прибора. Отключение другого входа тахометра вызывает резкое уменьшение показаний прибора. Это говорит о том, что цилиндр, к которому был подключен тахометр, работает нормально.

Для увеличения точности измерений необходимо хорошо формировать импульсы, подаваемые на измерительную схему, — частотомер. Описанные выше простые схемы тахометров не имеют формирователей импульса. Поэтому точность измерений меняется в диапазоне частот вращения вала двигателя из-за изменения как амплитуды, так и длительности импульсов в системе зажигания. Достоинством **этих схем является** их простота.

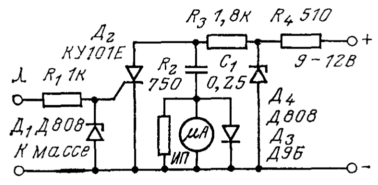


Рис. 21. Схема тахометра с тиристорным формирователем импульсов

На рис. 21 приведена схема тахометра с формирователем импульсов на тиристоре. Эта схема обладает лучшей точностью измерений, поскольку показания не зависят от длительности импульсов зажигания.

При включении напряжения питания конденсатор C_1 заряжается через резистор R_3 и диод $Д_3$ до напряжения источника питания. Когда на вход поступает положительный импульс зажигания с амплитудой в несколько вольт, тиристор $Д_2$ открывается и конденсатор C_1 разряжается через него и измерительный прибор *ИП*. Энергия протекающего импульса тока определяется емкостью конденсатора и напряжением, до которого он был заряжен, и не зависит от амплитуды или длительности входного импульса. Когда ток разряда конденсатора станет меньше тока выключения тиристора, последний закрывается. Конденсатор вновь заряжается до напряжения источника питания и ожидает прихода следующего импульса зажигания. Затем процесс повторяется. Измерительный прибор показывает интегральное значение тока, возникающего при поступлении на вход последовательности импульсов зажигания и зависящее только от частоты следования импульсов, т. е. от количества оборотов вала двигателя.

Диод $Д_4$ является стабилитроном и предназначен для стабилизации напряжения заряда конденсатора C_1. Резистор R_4 служит балластным резистором стабилизатора. Резистор R_2 используется для подбора чувствительности измерительного прибора. Стабилитрон $Д_1$ и балластное сопротивление R_1 введены для ограничения амплитуды входных импульсов зажигания примерно до 8 В.

Сопротивление резистора R_3 выбирается таким, чтобы ток через тиристор по окончании разряда конденсатора C_1 был меньше тока выключения тиристора. Он ограничивает ток от источника питания, протекающий через тиристор одновременно с током разряда конденсатора. Емкость конденсатора C_1 выбирается такой, чтобы постоянная времени C_1R_3 была значительно (на порядок) меньше минимального периода между импульсами зажигания, имеющего место при максимальных оборотах вала двигателя, что практически исключает зависимость точности показаний прибора от количества оборотов вала.

В качестве измерительного прибора использован микроамперметр с чувствительностью 50 мкА на шкалу. Сопротивление рамки микроамперметра типа М261 составляет 2500 Ом. При отсутствии такого микроамперметра можно применять и менее чувствительный прибор.

Тахометр работает при изменении питающего напряжения от 9 до 18 В за счет введения стабилизатора напряжения, и при изменении амплитуды входных импульсов от 2—3 до нескольких десятков вольт за счет цепочки стабилизации напряжения на входе. При указанных на схеме параметрах элементов полному отклонению стрелки прибора соответствует частота 100 Гц или около 6000 об./мин при съеме входных импульсов с одного цилиндра.

Налаживание прибора удобнее всего выполнять с помощью генератора импульсов. С него на вход прибора подается импульсная последовательность с амплитудой в несколько вольт. Сопротивление резистора R_2 подбирается таким, чтобы при максимальной необходимой частоте следования импульсов стрелка отклонялась на полную шкалу. Зависимость частоты следования импульсов от частоты вращения вала двигателя приведена в табл. 2.

Таблица 2

Частота вращения вала, об./мин	Частота следования импульсов, Гц, для двигателя	
	Одноцилиндрового	Двухцилиндрового
1000	16,7	33,4
2000	33,4	66,8
3000	50,0	100,0
4000	66,7	133,4
5000	83,5	167,0
6000	100,0	200,0

Описанный электродный тахометр обладает хорошей точностью, прост в изготовлении и настройке. Однако он не свободен от недостатков. Необходимость подключения тахометра к цепи системы зажигания, как показала практика, может затруднить запуск двигателя, поскольку в режиме запуска системы зажигания лодочных моторов работают на пределе своих возможностей. Незначительной дополнительной нагрузки может оказаться достаточно для нарушения ее работы. При применении описанных выше тахометров их влияние на запуск устранялось отключением их входа от цепей системы зажигания на время запуска двигателя.

На рис. 22 приведена схема тахометра, лишенного этого недостатка [5]. Не нагружая систему зажигания, тахометр работает в широком диапазоне частот вращения (до 10 000 об./мин) с высокой стабильностью и точностью измерений. Кроме того, тахометр можно использовать как с двухтактными двигателями с магнетным зажиганием, так и с четырехтактными, имеющими батарейное зажигание.

Как видно из рис. 22, основой тахометра служит управляемый мультивибратор иа транзисторах T_1 и T_2. Мультивибратор несимметричный, он генерирует узкий импульс прямоугольной формы длительностью 1 мс в ответ на поступающий на его вход с датчика импульс зажигания. Таким образом, мультивибратор является формирователем стандартных импульсов, частота сле-

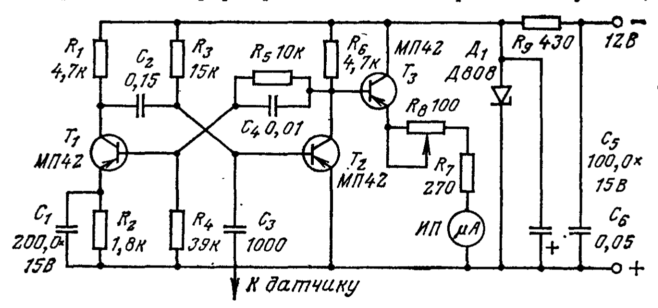


Рис. 22. Электронный тахометр с индуктивной связью

дования которых измеряется с помощью измерительного прибора *ИП*. Эмиттерный повторитель на транзисторе T_3 согласует выходное сопротивление мультивибратора с сопротивлением обмотки микроамперметра. Напряжение питания мультивибратора стабилизировано стабилитроном $Д_1$ с балластным сопротивлением R_9 и емкостью C_5. Таким образом, длительность импульса стабилизируется за счет его формирования мультивибратором, а амплитуда — за счет стабильного напряжения питания.

Для съема импульсов зажигания используется индуктивный датчик, наматываемый на высоковольтный провод, идущий от катушки зажигания к свечам. Эти импульсы подаются на базу транзистора T_2 через конденсатор C_3, переводя мультивибратор в неустойчивое состояние. Через транзистор T_3, работающий по схеме эмиттерного повторителя, начинает протекать максимальный ток. Импульс тока длится до тех пор, пока мультивибратор не перейдет вновь в устойчивое состояние. Длительность неустойчивого состояния мультивибратора определяется постоянной времени цепи R_3C_2 и выбирается такой, чтобы она была значительно меньше периода следования импульсов зажигания при максимальных оборотах вала. Измерительный прибор показывает средний ток эмиттерного повторителя, значение которого прямо пропорционально частоте следования импульсов зажигания.

Следует отметить, что количество поступающих от датчика импульсов зажигания зависит от количества цилиндров двигателя, от подключения датчика с высоковольтным проводом и от того, какой двигатель используется — двухтактный или четырехтактный. Например, система зажигания одноцилиндрового четырехтактного двигателя вырабатывает один импульс зажигания на каждые два оборота вала; при четырехцилиндровом двигателе и размещении датчика на проводе до распределителя на каждый оборот вала будет приходиться два импульса; при двухтактном одноцилиндровом двигателе один импульс зажигания; при двухтактном двухцилиндровом два импульса зажигания, если датчик размещен сразу на обоих проводах зажигания. От количества импульсов зажигания, приходящихся на один оборот вала двигателя, зависит и масштаб шкалы измерительного прибора.

В качестве измерительного прибора применен миллиамперметр с током полного отклонения стрелки 1 мА. Транзисторы типа МП42Б могут быть заменены при необходимости любыми низкочастотными *р-п-р* транзисторами с $U_{КЭ}$ не ниже 15 В. Резисторы типа МЛТ-0,25. Конденсаторы C_2, C_4, C_6 типа МБМ, конденсаторы C_1 и C_5 типа К50-6 или К50-3.

На рис. 23 показан датчик импульсов зажигания, который изготавливают, наматывая 5—10 витков провода ПЭВ или ПЭЛШО 0,31 виток к витку на высоковольтный провод *2* системы зажигания мотора, идущий от распределите-

ля 1 (рис. 23, *а*) или катушки зажигания 6 (рис. 23,*б*). Концы 5 намотки 4 закрепляют монтажной ниткой и обматывают изоляционной лентой 8.

Монтаж тахометра выполняют на плате из изоляционного материала толщиной 1,5—2 мм. Тахометр может быть размещен на плате размером 80×80 мм, соответствующей размеру измерительного прибора, например, типа М4204. Плату закрепляют на зажимных винтах прибора.

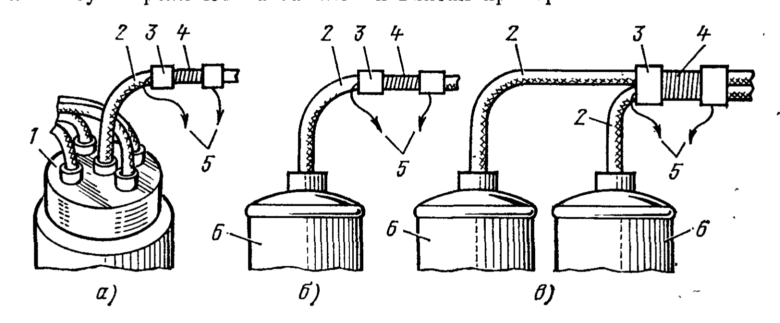


Рис. 23. Подключение индуктивных датчиков в систему зажигания

Градуировка прибора может быть выполнена любым из способов, описанных выше. При использовании для этой цели импульсного генератора, например, типа Г5-6А импульсы частотой от 0 до 100 Гц и амплитудой до 2 В подают на вход тахометра через конденсатор C_3. При частоте следования импульсов 100 Гц стрелка измерительного прибора должна отклоняться на всю шкалу, если прибор предназначен для мотора типа «Вихрь». Это отклонение соответствует 6000 об./мин. Если предполагается использовать прибор с четырехтактным четырехцилиндровым двигателем или с двухтактным двухцилиндровым двигателем (при подключении тахометра сразу к двум проводам по схеме рис. 23,*в*), то стрелка должна быть установлена на середину шкалы, что соответствует 3000 об./мин. Регулировку необходимой чувствительности прибора выполняют с помощью переменного резистора R_8. Градуировку прибора выполняют через каждые 1000 об./мин с учетом приведенной выше табл. 2 и схемы, приведенной на рис. 24.

При установке тахометра на катере показания тахометра сверяют с показаниями контрольного тахометра любого типа. Если они расходятся по всей шкале, то подбирают амплитуду подаваемых на вход тахометра импульсов зажигания путем изменения числа витков датчика и последующего контроля показаний прибора.

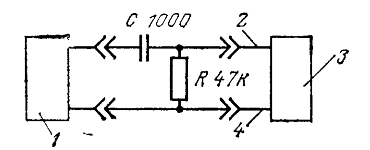


Рис. 24. Схема для градуировки тахометра:
1 — импульсный генератор; *2* — сигнальный вход тахометра; *3* — схема тахометра; *4* — общий провод

ИЗМЕРИТЕЛИ СКОРОСТИ

Измерение скорости движения катера или яхты представляет определенные трудности, связанные с тем, что движение происходит в упругой среде — воде. Наиболее распространенным способом измерения скорости является визуальный, состоящий в вычислении скорости по измеренному расстоянию между известными ориентирами и времени прохождения этого расстояния, а также способ, основанный на измерении гидродинамического давления в трубке, ориентированной по ходу катера, с помощью манометра низкого давления. Первый способ неприменим в незнакомой обстановке, неоперативен и обеспечивает измерение с большой погрешностью. Второй способ практически непригоден для измерения малых значений скорости, характерных для яхт и тихоходных катеров.

Диапазон скоростей для яхты составляет от 0 до 15—20 км/ч, для кате-

ра — от 0 до 45—50 км/ч. В некоторых случаях скорости катера достигают 60—70 км/ч, но, как правило, такие скорости туристским катерам недоступны. Измерения вблизи нулевой скорости (до скорости около 5 км/ч) выполнить с приемлемой точностью трудно, поскольку основная погрешность измерения в этих случаях обусловлена естественным течением воды, а не движением катера. Поэтому обычно измерение таких малых скоростей не выполняется, а диапазон измерений начинается примерно с 5 км/ч.

На рис. 25 приведен эскиз электромеханического измерителя скорости (лага), выполняющего измерения с помощью крыльчатки, погруженной в воду и ориентированной по ходу катера [30]. Частота вращения крыльчатки в потоке набегающей воды пропорциональна скорости движения катера. Таким образом, измеритель скорости катера является фактически измерителем скорости потока воды.

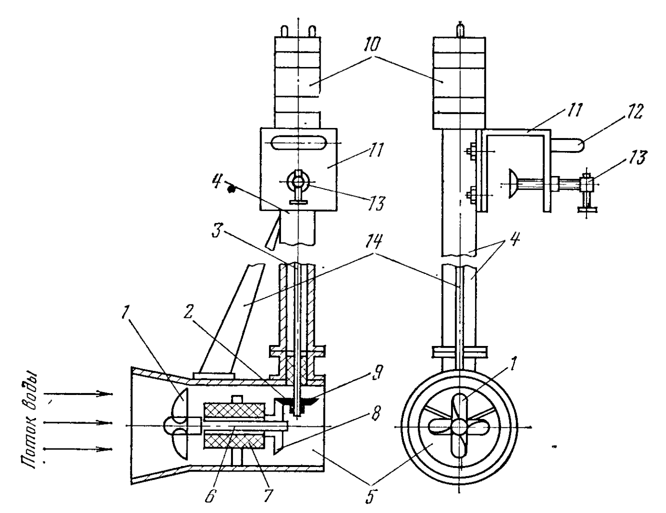


Рис. 25. Электромеханический измеритель скорости

Вращение крыльтачки *1* во время движения катера или яхты передается с помощью конического углового перехода *2* и валика *3* на тахогенератор, установленный в верхней части колонки *4*. Крыльчатка помещена внутри защитного цилиндрического кожуха-насадки *5* и вращается вместе с валиком *6* в подшипнике скольжения *7*. На конце валика укреплена большая коническая шестерня *8*, зацепляющаяся с малой конической шестерней *9*. Малая коническая шестерня приводит во вращение валик *3*, соединенный с тахогенератором *10*. Электромеханический лаг навешивается на борт катера или яхты с помощью скобы *11* и фиксируется винтовым зажимом *13*. Ручка *12* служит для переноски лага. Ребро *14* предназначено для обеспечения жесткости конструкции, подвергающейся при больших скоростях значительному изгибу.

Тахогенератор соединен с измерительным прибором по схеме, аналогичной приведенной на рис. 16. Градуировка шкалы электромеханического лага производится на ходу судна по измерению времени прохождения мерного участка с различными постоянными скоростями.

Недостатком рассмотренного измерителя скорости является низкая чувствительность, обусловленная развитой механической частью привода тахогенератора, что приводит к невозможности измерения малых скоростей. Кроме того, несмотря на простоту конструкции, этот прибор очень громоздок и неудобен для применения на скоростных катерах.

Повышение чувствительности достигается применением малоинерционного датчика. Такой датчик также основан на использовании крыльчатки, однако она здесь максимально разгружена. Крыльчатка приводит во вращение легкий

диск с прорезями, входящий в контур формирования последовательности импульсов. Диск с прорезями служит прерывателем светового потока, образуемого лампой накаливания и направленного на фотодиод. При вращении диска крыльчаткой прорези в диске периодически совмещаются со световым потоком, что приводит к формированию световых импульсов, облучающих фотодиод. Частота следования световых импульсов и, следовательно, импульсов тока через фотодиод прямо пропорциональна частоте вращения крыльчатки.

Устройство и элементы датчика приведены на рис. 26. Датчик состоит из крыльчатки *1*, помещенной в предохранительный кожух *2*. Крыльчатка закреплена на оси *8*, вращающейся в подшипниках скольжения наконечников *4* и *6*, установленных в корпусе *5*. Диаметр подшипников скольжения должен иметь плюсовой допуск, что обеспечивает свободное вращение валика с водяной смазкой, за счет проникающей в полость датчика воды. В качестве подшипников скольжения лучше использовать втулки из фторопласта.

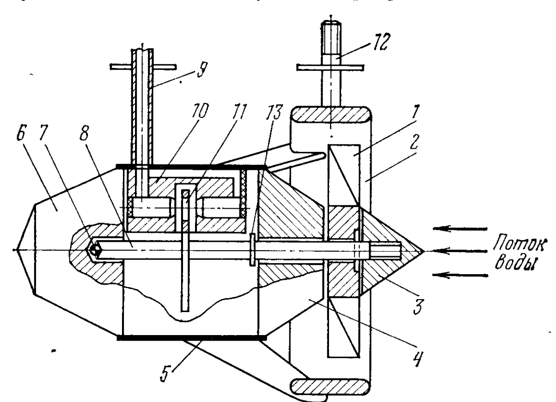


Рис. 26. Светоимпульсный датчик измерителя скорости

На внешнем кольце оси *8* закреплен конический обтекатель *3*. Продольные перемещения оси предотвращаются разрезной шайбой *13*, вставленной в специальный паз на оси. При движении катера ось *8* работает с продольным упором в шарик *7*, облегчающим ее вращение. Ось выточена заодно с диском, в котором по периферии сделаны прямоугольные прорези *11*. Количество прорезей определяется диапазоном частот вращения, на которые рассчитан измеритель. Размеры прорезей определяются размерами светового луча. Диск с прорезями вращается в пазу светоимпульсного датчика *10*, размеры которого определяются фотодиодом и лампочкой.

Конструкцию крепят ко дну катера или яхты с помощью двух опор *9* и *12*. При выбранной шестилопастной крыльчатке ось *8* делает до 15 об./с при скорости хода катера 40 км/ч. Скорости 5 км/ч соответствует частота вращения примерно 1,8 об./с. Если диск имеет 10 прорезей, то датчик вырабатывает импульсы частотой следования от 18 до 150 Гц. В зависимости от выбора крыльчатки и количества прорезей эти цифры могут значительно варьироваться.

Располагать датчик целесообразно в кормовой части дна катера или яхты, где он защищен подвесным мотором и всегда находится в невозмущенной струе воды.

Фотодиод включен в схему формирования импульса и измерения частоты их следования, приведенную на рис. 27 [32].

Фотодиод $Д_1$ является преобразователем световых импульсов в импульсы тока. В зависимости от интенсивности падающего на фотодиод светового потока изменяется протекающий через него ток. При отсутствии освещения темновой ток диода составляет 15—30 мкА. При освещении его лампой накаливания ток может достигать значения 0,1—0,5 мА. Периодически с частотой следования прорезей диска возникающие импульсы тока через диод $Д_1$ усилива-

ются эмиттерным повторителем, составленным из транзисторов T_1 и T_2. С нагрузки эмиттерного повторителя R_3 импульсы напряжения поступают на двухкаскадный усилитель-ограничитель на транзисторах T_3 и T_4. Это необходимо

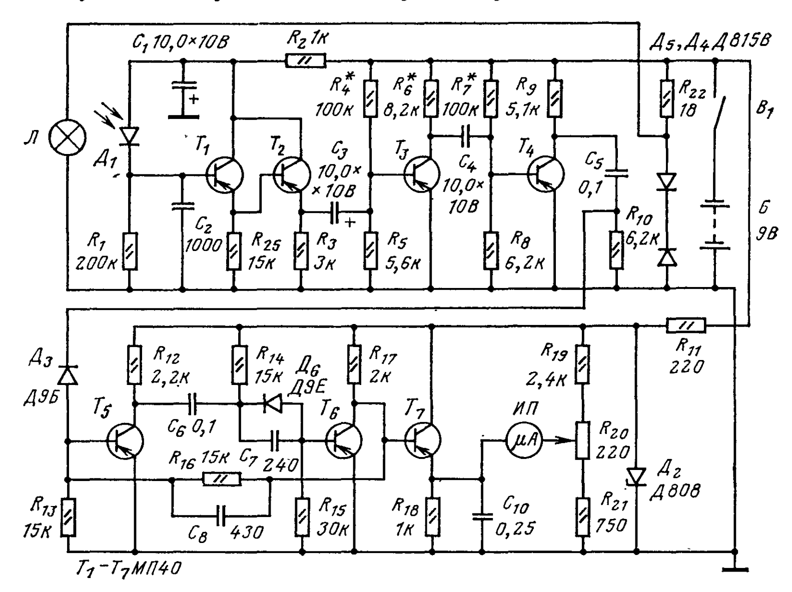


Рис. 27. Принципиальная схема электронного измерителя скорости

сделать для того, чтобы увеличить крутизну фронта импульса, который используется для запуска формирователя стандартного импульса. Входные импульсы усилителя-ограничителя снимаются с нагрузочного резистора R_9 и после дифференцирования цепочкой C_5R_{10} через диод $Д_3$ подаются на вход ждущего несимметричного мультивибратора на транзисторах T_5 и T_6. Диод пропускает на вход мультивибратора лишь отрицательные импульсы, полученные в результате дифференцирования фронта импульсов усилителя-ограничителя. Мультивибратор выполняет формирование стандартного импульса для измерителя частоты следования, амплитуда и длительность которого не зависит от частоты.

Для фотодиода типа КФДМ диаметр камеры должен составлять 3,9 мм, для лампочки типа НСМ-9-60-2 примерно 3,4 мм. Выводы от лампочки и светодиода проходят в трубке *9*, являющейся одновременно одной из опор датчика, в корпус катера. Трубка и все отверстия узла датчика герметизируются эпоксидным компаундом, состав которого приведен в приложении 1.

Генерируемый несимметричным ждущим мультивибратором импульс в несколько раз короче, чем минимальный интервал между входными импульсами. Через эмиттерный повторитель на транзисторе T_7 импульсы поступают на конденсатор C_{10} и заряжают его. Напряжение на конденсаторе пропорционально частоте следования импульсов мультивибратора. Измерительный прибор *ИП* показывает средний ток разряда конденсатора C_{10} через его обмотку, пропорциональны частоте световых импульсов в датчике скорости. Регулировкой резистора R_{20}, включенного в цепь делителя напряжения, можно компенсировать начальный ток эмиттерного повторителя, выставив таким образом нуль шкалы измерительного прибора.

В схеме применен микроамперметр с полным отклонением стрелки 100 мкА. Транзисторы должны иметь статический коэффициент передачи тока 25—60. Транзисторы МП40 можно заменить МП39, МП41, МП42. В приборе можно использовать германиевые фотодиоды типа ФД-1, ФД-2 или ФД-3. Измеритель потребляет ток 20 мА от источника напряжения 9 В.

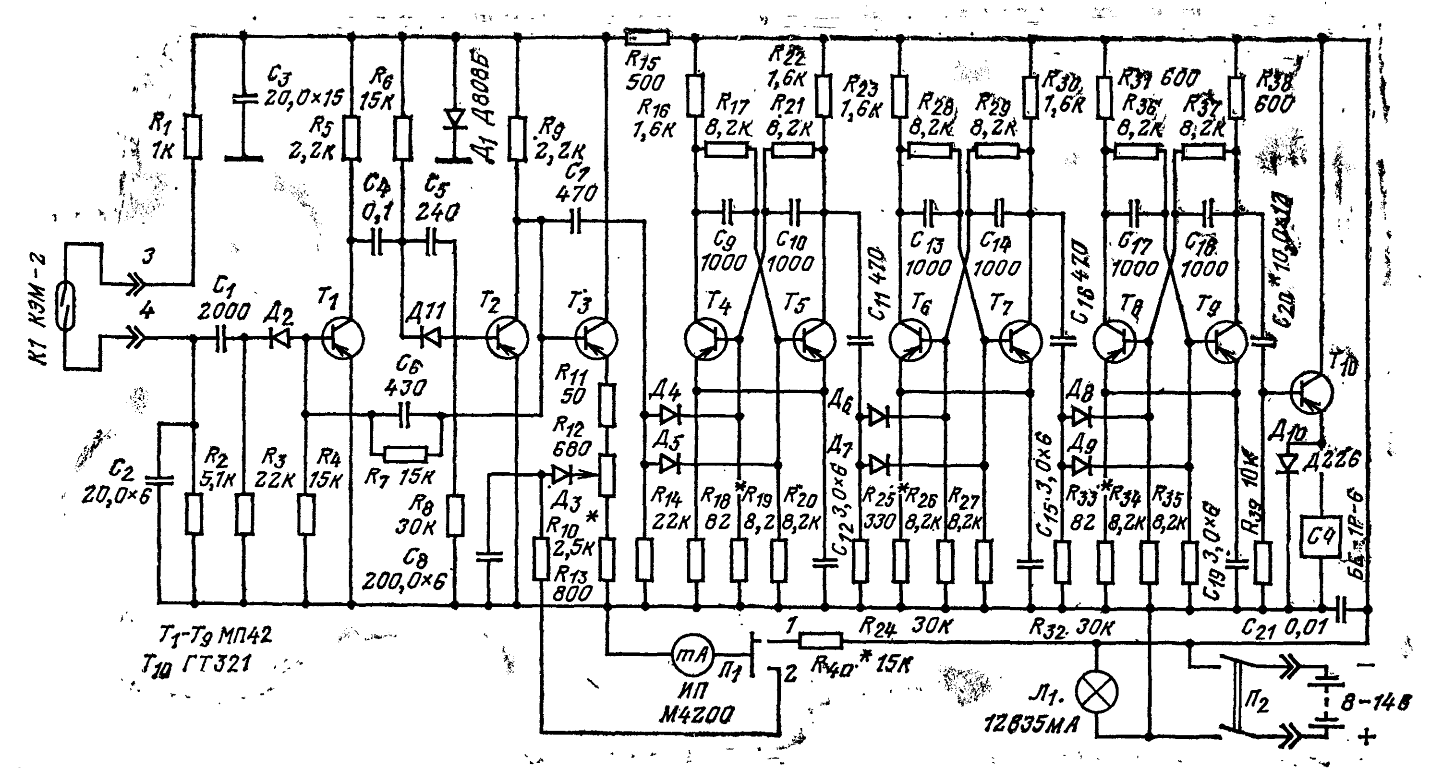


Рис. 28. Принципиальная схема измерителя скорости и пути

Правильно собранный прибор не нуждается в регулировке за исключением подбора напряжений на коллекторах транзисторов T_3 и T_4. Это напряжение должно составлять 4,5±20%, что достигают подбором сопротивлений резисторов R_4 и R_7. Градуировку выполняют на ходу катера путем расчета скорости прохождения мерного участка, как это было описано выше.

Рассмотрим еще одну схему электронного лага (рис. 28), к особенностям которой относятся применение в качестве датчика герконов, а также измерение одновременно со скоростью движения и пройденного катером или яхтой пути [33]. Предлагаемый прибор обеспечивает измерение скорости в диапазоне 0,5—10 узлов (1 узел=1,853 км/ч) с погрешностью около 5%. Напряжение питания прибора составляет от 8 до 14 В, потребляемый ток около 100 мА.

Датчиком прибора является крыльчатка, вращающаяся в набегающем потоке воды. На оси крыльчатки закреплен постоянный магнит. На неподвижном основании датчика установлен геркон, являющийся герметичным неконтактным магнитным включателем. При вращении крыльчатки магнит периодически с частотой вращения крыльчатки попадает в зону чувствительности геркона и вызывает срабатывание контакта K_1. Таким образом, частота замыкания контакта равна частоте вращения крыльчатки. Шаг крыльчатки (около 220 мм) выбран таким расчетом, чтобы вал делал 8000 об./миля (1 миля=1,853 км) пройденного пути.

Контакты геркона замыкают цепь тока, и напряжение с резистора R_2 через дифференцирующую цепочку C_1R_3 и диод $Д_2$ поступает на базу транзистора T_1. На транзисторах T_1 и T_2 собран ждущий мультивибратор. При поступлении импульса напряжения он срабатывает, формируя стандартный импульс. С коллектора транзистора T_2 импульс поступает через эмиттерный повторитель на транзисторе T_3 на измерительный прибор *ИП*. Измерительный прибор показывает значение протекающего через эмиттерный повторитель среднего тока, который примерно пропорционален частоте следования импульсов. Шкала прибора проградуирована в узлах или в км/ч. Резистор R_{12} служит для регулирования чувствительности прибора.

Для определения пройденного пути используется подсчет импульсов, количество которых, как упоминалось ранее, пропорционально пройденному пути. Для этого импульсы снимаются с коллектора транзистора T_2 через цепь C_7R_{14} и подаются на вход триггерного делителя частоты на транзисторах T_4—T_9. Выходные импульсы делителя частоты с коллектора транзистора T_9 подаются через дифференцирующую цепь $C_{20}R_{39}$ на базу транзистора T_{10}, являющегося усилителя тока и открывают его, приводя к срабатыванию электромеханического счетчика импульсов *Сч*. В результате деления частоты следования импульсов в триггерном делителе, счетчик *Сч* срабатывает один раз на каждые восемь оборотов крыльчатки, т. е. 1000 раз на милю пройденного пути. Таким образом, единица младшего разряда счетчика соответствует одной тысячной мили, т. е. 1,85 м.

В измерителе скорости предусмотрено измерение напряжения питания прибора. Для этого переключателем $П_1$ измерительный прибор может быть подключен к шине питания (положение *1*). Шкала прибора должна иметь соответствующую калибровку от 0 до 15 В.

В схеме использован измерительный прибор типа М4200 со шкалой 0—1 мА, из которого изъят шунт, резисторы типа МЛТ, электролитические конденсаторы типа К50-6 и К50-3, остальные типа КСО-2Г, ПМ, МБМ, КЛС. Вместо транзисторов МП42 можно применить транзисторы типа МП39, МП40, МП41, вместо транзистора ГТ321 — транзисторы типа П201, П213, П605, а вместо прибора М4200 — приборы типа М4240 или П4204 со шкалой 0—100 мкА. Диоды $Д_2$—$Д_9$ — типа Д18.

В предлагаемой конструкции применен электромеханический счетчик импульсов болгарского производства типа БЕ-1Р-6. Обмотка электромагнита счетчика перемотана проводом ПЭВ ⌀ 0,2 мм до заполнения каркаса. Можно применить любой другой 6 или 7-разрядный счетчик с током срабатывания 30—50 мА при напряжении 6—12 В.

На рис. 29 представлен эскиз датчика лага. На переднюю цапфу валика *4* из фосфористой бронзы насажена крыльчатка, состоящая из латунной ступицы *2* и четырех латунных лопастей *1*, укрепленных основаниями в шлицах ступицы и припаянных оловом. Валик *4* вращается в подшипниках скольжения:

переднем 3 из капрона и заднем 6 из фосфористой бронзы. Передний подшипник 3 закреплен в канале эпоксидной смолой, задний — может выниматься и фиксируется стопорным винтом 5. Утолщенная часть валика имеет плоский срез, к которому приклеен эпоксидной смолой постоянный магнит 7. Валик с подшипниками размещен в круглом канале корпуса 9.

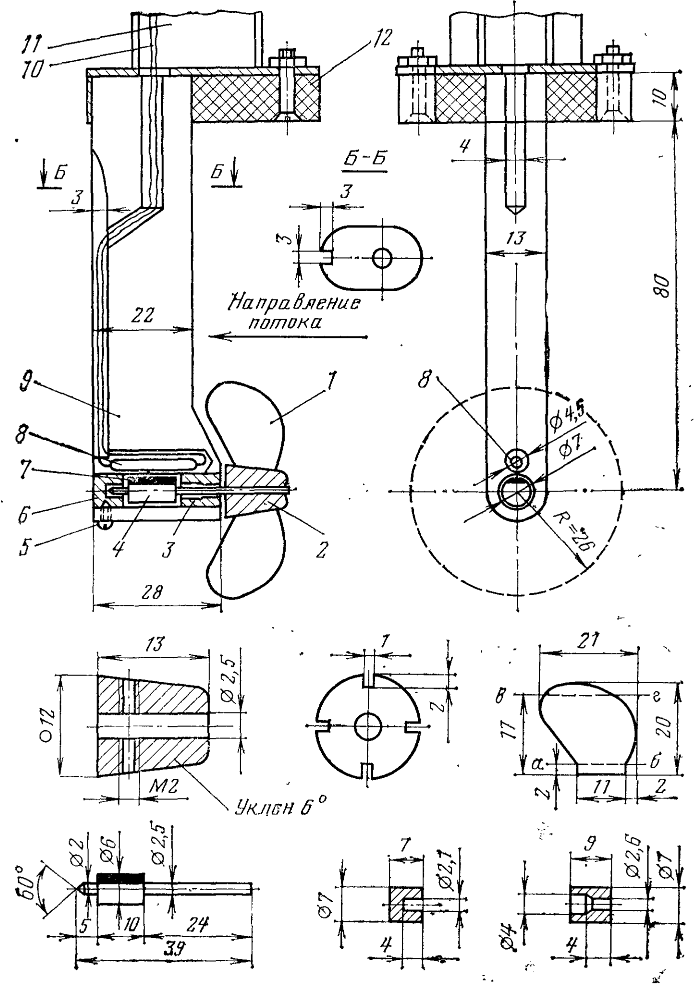


Рис. 29. Эскиз и детали датчика скорости

Параллельно в корпусе просверлен круглый канал диаметром 4,5 мм для геркона 8 типа КЭМ-2. Провода 10 от геркона укладывают в шлиц с задней стороны корпуса.

После установки геркона в положение, обеспечивающее надежное его замыкание и размыкание при вращении валика, провода и геркон заливают эпоксидной смолой.

Корпус из органического стекла приклеен эпоксидной смолой к планшайбе 12 из листового гетинакса, которая соединена винтами с металлической трубой 11. С помощью этой штанги крыльчатка (вертушка) может быть опущена в воду или поднята из корпуса судна через трубу, верхний обрез которой рас-

положен выше ватерлинии. Для фиксации вертушки в рабочем положении на верхнем конце штанги укреплен фланец, прижимаемый к верхнему обрезу трубы навинчивающейся крышкой. Провода от геркона пропущены через продольный канал в штанге. Трубу нижним концом жестко закрепляют на корпусе судна.

Лопасти крыльчатки вырезают из листовой латуни толщиной 0,8—1,0 мм. Пакет из четырех заготовок зажимают по линии *а—б* в тиски и при помощи подходящего инструмента изгибают винтообразно таким образом, чтобы вертикальная проекция линии *в—г* стала под углом около 20° к линии *а—б*. На конической поверхности ступицы прорезают четыре шлица с наклоном относительно оси ступицы 9—10° в сторону винтового изгиба заготовок лопастей. Лопасти устанавливают в шлицы и припаивают. Крыльчатку фиксируют на передней цапфе валика двумя стопорными винтами.

Размеры вертушки таковы, что возможно извлечение ее через трубу внутренним диаметром 50 мм. Небольшие отклонения от указанных размеров существенного влияния на работу вертушки не окажут. Шаг крыльчатки корректируют путем незначительного изменения изгиба лопастей после пробных проходов со скоростью 3—4 узла по мерному отрезку пути на спокойной воде при отсутствии течения.

После проверки и наладки схемы прибора, выполняют градуировку шкалы измерительного прибора. Для этого вертушку вращают с частотой вращения 1330 об./мин, что соответствует скорости хода судна 10 узлов. С помощью потенциометра R_{12} добиваются отклонения стрелки прибора на 90—95% полной шкалы и отмечают положение стрелки. Далее, не меняя положения движка потенциометра, вращают вертушку с частотой, соответствующей одному из промежуточных значений хода судна, и делают соответствующие отметки на шкале.

Установив переключатель $П_1$ в положение *1*, калибруют шкалу напряжения питания с помощью дополнительного контрольного вольтметра, подключаемого параллельно *ИП*.

Во время эксплуатации лага могут возникнуть погрешности из-за падения напряжения источника питания. Эти погрешности устраняют следующим образом. При работающем лаге определяется истинная скорость движения судна относительно воды по формуле $V=36/t$, где V — скорость, узлы, а t — время, за которое счетчик импульсов сделает 10 отсчетов, с. Вращением движка потенциометра R_{12} стрелка *ИП* устанавливается на найденное значение скорости. Это соответствует точной калибровке прибора. На точность отсчета пройденного пути колебания напряжения питания влияния не оказывают. Следует отметить, что герконы являются, пожалуй, наиболее удобными датчиками для применения в электронных лагах, поскольку они обладают суммой качеств, хорошо согласующихся с особыми условиями работы: отсутствие открытых контактов, герметичность, дистанционность включения, отсутствие влияния воды и температуры на эффективность срабатывания, простота конструкции, малые габариты. К достоинствам герконов можно отнести и простоту схем измерителей. Покажем еще один электромеханический лаг, основанный на использовании геркона [31]. Этот лаг интересен конструкцией вертушки, которая представляется очень удачной для работы в условиях загрязненной воды. В связи с тем, что лопасти вертушки выступают из корпуса менее чем на половину, а остальная часть лопастей уходит из набегающего потока в корпус, такая вертушка не подвержена наматывания на иее водорослей или плавучих предметов и хорошо защищена от ударов при движении.

Конструкция датчика лага приведена на рис. 30. Он состоит из трубы *3*, в нижней части которой расположена тангенциальная вертушка *5*. Вертушка выполнена в виде двух пересекающихся под углом 90° круглых пластинок, вращающихся вокруг оси *8*, совпадающей с линией их пересечения. На краю лопасти укрепляют магнит плоской формы *7*. На краю диаметрально противоположной лопасти также может быть укреплен магнит либо противовес — пластинка *6*, балансирующая массу первого магнита. Вертушка вставляется во втулку *4*, имеющую два отверстия для оси, вокруг которой вращается вертушка, служащая одновременно и держателем, и отверстие в верхней части для вклеивания геркона. Геркон *9* с припаянными проводниками вставляется в от-

верстие так, чтобы он находился непосредственно в зоне действия магнита вертушки (при его прохождении через верхнюю часть втулки) и приклеивается эпоксидным клеем, которым также выполняется герметизация выводов геркона и зачищенных мест пайки подводящих проводников. Конструкция и размеры вертушки обеспечивают частоту вращения 2—5 об./с на узел.

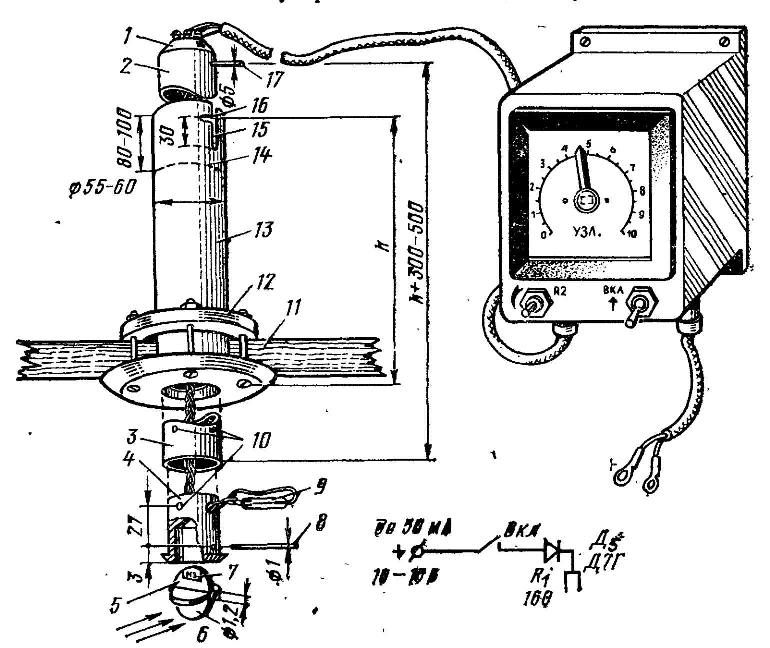


Рис. 30. Конструкция датчика скорости с тангенциальной вертушкой

Втулку *4* с вертушкой и герконом вклеивают на трубу *3*, проходящую внутри трубы клинкета *13* с фланцем, которым ее прижимают к обшивке *11*. Трубу устанавливают в носовой части яхты или катера рядом с диаметральной плоскостью.

От выпадания труба клинкета фиксируется прижимным кольцом *12*, закрепленным четырьмя болтами. Длина трубы *13* выбирается такой, чтобы она превышала наивысший уровень ватерлинии *14*, предотвращая таким образом поступление воды внутрь судна во всех случаях его нагрузки. Размеры диаметров плунжерной трубы и трубы клинкета выбирают таким образом, что они имеют минимальный зазор. Для выхода воздуха предусмотрены отверстия *10* в плунжерной трубе, втулке и прорезь *15* в клинкете. В верхней части клинкета сделан паз *16* для фиксации вертушки в опущенном состоянии. На верхнем конце плунжерной трубы *3* установлен соответствующий фиксатор *17*. Верхняя часть плунжерной трубы заглушена пробкой *2* с эпоксидным изолятором *1*, крепящим зажимы для проводников геркона.

Диаметр вертушки 38 мм, внутренний диаметр втулки 40 мм. Перед приклеиванием втулку вставляют верхней частью в трубу *3*. Зажимы лага тремя проводниками соединяют с измерительной схемой, расположенной на панели водителя. Принципиальная схема измерителя лага приведена на рис. 31. В основу ее положен конденсаторный преобразователь «частота — ток». При помощи переключателя *В* напряжение источника питания 10—15 В (ток до 50 мА) через предохраняющий диод $Д_5$ подается на стабилизатор напряжения, состоящий из резистора R_1, стабилитрона $Д_6$ и конденсатора C_2. Стабильное (опорное) напряжение со стабилитрона поступает на зарядный конденсатор C_1 через коммути-

-рующие контакты геркона типа КЭМ-3. При вращении вертушки лага происходит периодическое переключение геркона, приводящее к тому, что конденсатор C_1 подключается попеременно к шине опорного напряжения и к нулевой шине. В соответствии с коммутацией, происходит попеременный заряд и разряд конденсатора. Средний ток заряда-разряда определяется периодом коммутации, т. е. частотой вращения вертушки лага.

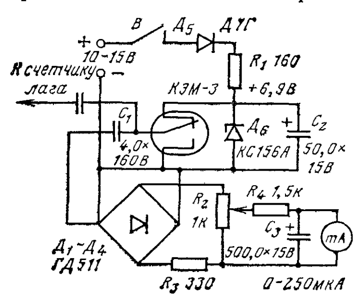


Рис. 31. **Принципиальная схема простого измерителя скорости с герконом**

Зарядный и разрядный токи конденсатора C_1 протекают через мостовую выпрямительную схему, состоящую из диодов $Д_1$—$Д_4$ и калибровочной цепи R_2R_3. Переменный резистор R_2 служит для подбора точного показания измерительного прибора при проведении калибровки лага по эталону или при натурных испытаниях. Через ячейку сглаживающего пульсации фильтра, состоящую из резистора R_4 и конденсатора C_3, к мостовой схеме подключена измерительная головка — миллиамперметр *ИП* с пределом измерений 0—250 мкА. Шкала измерительной головки проградуирована в узлах.

В приборе применены элементы следующих типов: конденсатор C_1 типа МБГО; конденсаторы C_2 и C_3 типа К50-6, резистор R_2 типа ППЗ, остальные резисторы типа МЛТ. В качестве измерительной головки целесообразно применить магнитоэлектрический влагозащищенный микроамперметр типа М325 с 270-градусной шкалой, достаточно крупный для того, чтобы его показания были хорошо видны с кормы (для рулевого на яхте или при ручном управлении мотором). Для уменьшения девиации компасов от магнитного поля прибора его кожух изготавливают из мягкой стали толщиной 1—2 мм.

ПРИБОРЫ КОНТРОЛЯ СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ МОТОРА

Одной из важных задач измерительной системы является контроль теплового режима двигателя. Нарушение теплового режима свидетельствует о выходе из строя системы охлаждения мотора. Последствием не замеченного своевременно выхода из строя системы охлаждения подвестного мотора бывают заклинивание поршней, надиры на зеркале цилиндров, а иногда полный выход двигателя, из строя. В то же время, упустить момент заклинивания, особенно на двухцилиндровых двигателях, да еще при дистанционном управлении очень легко.

Все устройства защиты двигателя от перегрева являются, по существу, измерителями температуры. Отличаются они типом датчика температуры и исполнительного элемента, а также достижимой точностью и сложностью изготовления.

Простейшим устройством теплового контроля двигателя служит биметаллическое реле, замыкающее при перегреве двигателя систему зажигания одного из цилиндров на массу. Двигатель начинает работать на одном цилиндре, что приводит к резкому снижению числа оборотов. Это свидетельствует о неисправности двигателя.

Чувствительным элементом теплового реле (рис. 32, *а*) является биметаллическая пластина *1* размером 40×12×0,8 мм. Это может быть пластина от теплового реле типа ПК-50 для защиты электродвигателей. Вторая пластина *2* реле выполнена из латуни. Обе пластины на свободном конце имеют контактные выступы *7*. Пластины изолированы одна от другой втулкой *4* и шайбами *3* из изоляционного материала и устанавливаются с помощью винта *5* на крышке выхлопного коллектора *6* двигателя. Толщина регулирующей шайбы *3* подбирается такой, чтобы зазор между контактами был равен 0,5—1 мм.

К латунной пластине припаивается проводник, соединенный с выводом конденсатора системы зажигания, как это показано на рис. 32, *б*. Для индикации срабатывания теплового реле на приборный щиток устанавливают индика-

торную неоновую лампу *ЛН*, соединяемую через резистор *R* (типа МЛТ-0,5) параллельно конденсатору *C* системы зажигания.

При прогреве двигателя после его запуска система иногда срабатывает из-за неустановившегося теплового режима двигателя. Чтобы избежать влияния системы контроля теплового режима на работу двигателя, введен выключатель

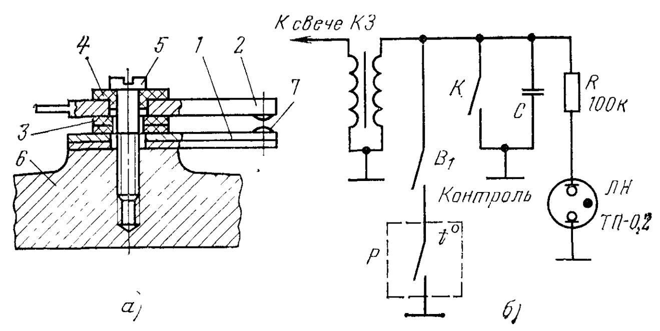


Рис. 32. Крепление теплового реле на блоке двигателя *(а)* и электрическая схема контроля температуры *(б)*

B_1, которым тепловое реле подключается к системе зажигания после прогрева двигателя и начала движения. Выключатель установлен на приборном щитке и для подключения системы теплового контроля переводится в положение *Контроль*.

Температуру срабатывания теплового реле устанавливают около 100° С. Для этого предварительно до установки на мотор тепловое реле собирают, стягивают гайкой, подключают к любому индикатору замыкания (например, к включенной последовательно с батарейкой лампочкой от карманного фонаря или с омметром) и погружают в воду, которую затем нагревают. Контакты реле должны замкнуться при закипании воды. Если это не происходит, то следует изменить зазор между контактами: уменьшить, если реле вообще не срабатывает, или увеличить, если реле срабатывает слишком рано. Зазор между контактами изменяют, подгибая латунную пластину либо изменяя толщину изолирующей шайбы.

Описанная система температурного контроля и защиты двигателя может быть установлена на подвесном моторе любого типа. Подставив два тепловых реле, по одному на каждый цилиндр, можно обеспечить избирательную защиту цилиндров двигателя от перегрева. При этом рекомендуется установить пороги срабатывания тепловых реле несколько различными, например, чтобы один из цилиндров отключался при 95° С, а второй при 105° С. Это тем более целесообразно, что обычно рабочая температура верхнего и нижнего цилиндров подвесных моторов несколько отлична.

Описанная система является пороговой, т. е. обеспечивает однократное срабатывание при установленном пороге чувствительности и не обеспечивает измерений температуры в промежуточных точках. Это не позволяет прогнозировать возможную неисправность системы охлаждения мотора заранее, а лишь констатирует факт выхода из строя системы охлаждения. Применение измерителей температуры, позволяющих выполнять непрерывный контроль температуры, дает возможность заранее выявить динамику температурного режима двигателя. Несмотря на некоторую сложность таких измерителей, их применение во многих случаях оправдано. Следует отметить, что прогнозирование неисправности системы охлаждения позволяет избежать внезапного отклонения двигателя пороговой системой, что может быть источником опасности в таких ситуациях, как, например, при плавании в зоне интенсивного движения судов, при обгоне судна, в шлюзах и узких местах. Поэтому система температурного контроля с непрерывным измерением способствует повышению безопасности пользования катером или яхтой.

На рис. 33, *а* приведена схема измерительного моста, позволяющая выполнять непрерывные измерения температуры двигателя [10]. Свойством измери-

тельного моста является отсутствие тока в диагонали, в которой включен *ИП*, при балансе сопротивлений левого и правого плеч моста. Баланс гарантирует равенство токов, протекающих в левом и правом (по схеме) плечах моста и, соответственно, равенство падений напряжения на резисторах делителей, включенных в плечи моста. В этом случае разность потенциалов на концах измерительной диагонали равна нулю и ток в ней отсутствует.

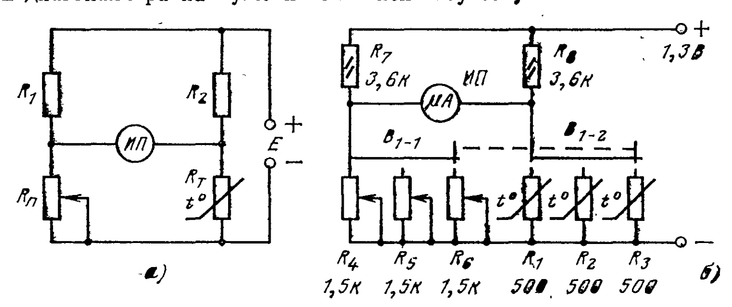


Рис. 33. Мостовая схема измерителя температуры (*а*) и практическая трехканальная схема (*б*)

Одним из плеч моста служит терморезистор $R_т$. Его сопротивление зависит от температуры окружающей среды. Баланс измерительного моста при неработающем двигателе выполняется с помощью переменного резистора $R_п$, сопротивление которого подбирают равным начальному сопротивлению терморезистора. После запуска мотора происходит его разогрев до температуры 80—90° С (в наиболее горячих точках цилиндра). В соответствии с изменением температуры мотора изменяется сопротивление плеча, состоящего из терморезистора, и происходит изменение соотношения делителя, в который входит терморезистор. В результате изменения разности потенциалов на концах измерительной диагонали моста через измерительный прибор *ИП* начинает протекать ток, значение которого пропорционально температуре горячей точки. Обычно в качестве горячей точки выбирают поверхность цилиндра двигателя в зоне камеры сгорания или поверхность выходного коллектора двигателя. При выходе из строя системы охлаждения двигателя температура горячей точки превышает 100° С, (предельную для систем водяного охлаждения). Следовательно, приближение указателя температуры к 100° С свидетельствует о возможности перегрева двигателя. Эта зона на шкале индикатора обычно окрашивается в красный цвет.

На рис. 33,*б* приведена практическая схема измерителя температуры мостового типа. Измеритель предназначен для контроля температуры горячей точки двигателя, а также для измерения температуры воздуха и воды, что также создает дополнительные удобства при пользовании катером или яхтой. Терморезистор R_1 измерения температуры двигателя установлен на поверхности выходного коллектора, терморезистор R_2 измерения температуры окружающего воздуха — в носовой части корпуса катера, наиболее удаленной от горячего двигателя, терморезистор R_3, предназначенный для измерения температуры окружающей воды, — на днище катера в его кормовой части. Для защиты терморезистора R_2 от прямых солнечных лучей необходимо выбрать место установки и закрыть его отражающим (зеркальным) перфорированным кожухом. Терморезистор R_3 приклеивают к корпусу катера около килевого бруса (который защищает его от повреждений) эпоксидной смолой со слоем стеклоткани, образующим обтекаемый кожух, ориентируя его по длине вдоль катера. Выводы проходят через отверстие в днище, которое затем также заливается эпоксидной смолой со слоем стеклоткани.

Резисторы R_4—R_6 предназначены для установки точек отсчета шкал трех измерителей (в пáрах R_1—R_4, R_2—R_5, R_3—R_6). Потребность в этих регулировках вызвана тем, что сопротивления терморезисторов имеют разброс до ±20% от номинального значения и без дополнительной регулировки совмещение трех шкал выполнить невозможно. Кроме того, диапазон измерения температур для

измерителя температуры двигателя и для измерителей температуры воды и воздуха различен, что приводит к целесообразности выбора различных терморезисторов по номинальному значению или по температурному коэффициенту сопротивлений (ТКС). Например, в приводимой схеме в качестве R_1 выбран терморезистор типа ММТ-9 с ТКС = (2,4—5,0) %/° С, в качестве R_2 и R_3, работающих в более узком диапазоне температур, — терморезисторы типа КМТ-12 с ТКС = (4,2—8,4) %/° С. Для того чтобы использовать единую шкалу при измерениях температуры воды и воздуха, может потребоваться подбор терморезисторов R_2 и R_3 по значению ТКС или введение последовательно с терморезистором, имеющим большее значение ТКС, небольшого компенсирующего резистора. Сопротивления этого резистора подбирают таким, чтобы показания обоих измерителей при температуре 20° С совпадали.

Совмещение начальных точек шкал всех трех измерителей температуры выполняют по показаниям контрольного термометра любого типа. При этом температура не обязательно должна быть нулевой: калибровку можно производить и при другой температуре вблизи нуля. Затем выполняют совмещение шкал при температуре 20° С для термометров воды и воздуха также в соответствии с показаниями контрольного термометра. Отдельно устанавливают точки шкалы для термометра двигателя, у которого шкала температур должна кончаться не менее чем на 110° С. Следует отметить, что в связи с небольшой нелинейностью и невысокими требованиями к точности измерений, калибровку шкалы в диапазоне 70—110° С можно производить всего по трем точкам с последующей интерполяцией промежуточных значений.

В качестве индикатора используют микроамперметр с током полного отклонения 100 мкА. Току 70 мкА соответствует температура примерно 77° С для измерителя температуры мотора и примерно 28° С для измерителей температуры воды и воздуха.

Очень удобно для эксплуатации применить в качестве измерительного прибора микроамперметр с нулем в середине шкалы (нуль-индикатор). Тогда первоначальную установку начальных точек всех трех измерителей выполняют при температуре 20° С, для которой справедливы указанные номинальные значения сопротивлений терморезисторов. Температуру 20° С принимают за нулевой отсчет по шкале микроамперметра. Для термометров воды и воздуха выполняют калибровку шкалы при значениях температуры менее 20° С (имеет смысл шкала до температуры примерно 5° С), т. е. слева от нулевой отметки шкалы микроамперметра, а также для температур до 40° С, которые должны приводить к отклонению стрелки микроамперметра до максимального значения шкалы.

Для термометра мотора максимальному значению шкалы микроамперметра должна соответствовать температура 110° С. Калибровка шкалы слева от нулевого значения для мотора не имеет смысла, так как этот участок соответствует температурам менее 20° С, не являющимся рабочими для мотора. Микроамперметр должен обеспечивать полное отклонение стрелки влево или вправо относительно нуля при токах 100 мкА.

В качестве измерительного элемента электронного термометра не обязательно использовать измерительный мост. На рис. 34 приведена интересная схема, работающая в широком диапазоне температур. Здесь измерительный элемент построен на основе симметричного мультивибратора на транзисторах T_2 и T_3. Измерение выполняют электронным вольтметром, собранным по балансной схеме на транзисторах T_1 и T_4. Мультивибратор вырабатывает прямоугольные импульсы, которые с коллекторных нагрузок R_5 и R_{13} подаются на противоположные выходы балансного вольтметра, имеющего в качестве индикатора микроамперметр. Термодатчик R_{10} зашунтирован резистором R_{11} для увеличения линейности характеристики.

Для уменьшения времени восстановления в мультивибраторе применены фиксирующие диоды $Д_1$ и $Д_2$. Постоянные времени коллекторно-базовых цепей мультивибратора выравниваются переменным резистором R_8, в результате чего генерируемые мультивибратором импульсы становятся симметричными и измерительный прибор показывает нулевое значение. При изменении температуры окружающей среды или поверхности сопротивление термодатчика (термистора или терморезистора, например, типа КМТ-4) уменьшается, постоянная вре-

мени базовой цепи транзистора T_2 становится меньше и скважность импульсов возрастает. В результате нарушения баланса через измерительный прибор течет ток, вызывающий отклонение стрелки измерительного прибора *ИП*. Отклонение прямо пропорционально изменению температуры.

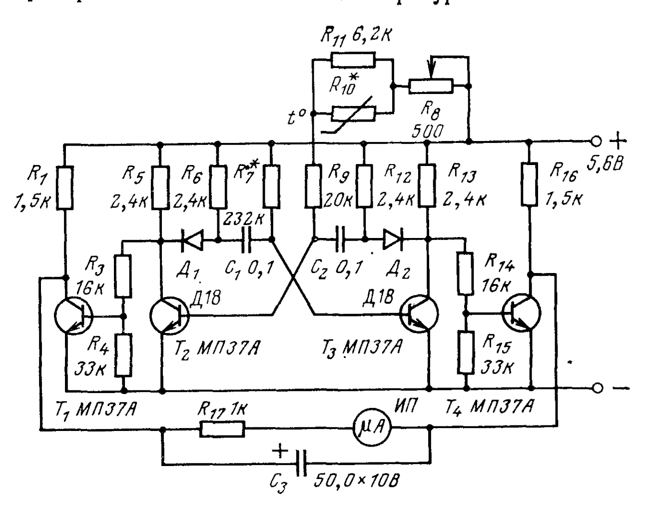


Рис. 34. Широкодиапазонный измеритель температуры

Калибровку описанного электронного термометра выполняют по эталонному термометру.

В тех случаях, когда нет терморезисторов, контроль работы системы охлаждения подвесного двигателя можно выполнить по косвенным признакам. Ниже описана электронная система контроля наличия воды в системе охлаждения. Датчиком является изолированный от корпуса металлический штырь, введенный внутрь водяной рубашки глушителя [17]. При наличии воды в системе охлаждения двигателя штырь находится в водно-паровой смеси и его сопротивление утечки на корпус двигателя резко падает. Ток утечки усиливается затем транзисторным усилителем и приводит в действие исполнительный элемент — индикаторную лампу или реле. Выбор глушителя в качестве места установки датчика объясняется тем, что при возникновении неисправности в системе охлаждения мотора прекращается поступление воды в водяную рубашку глушителя и за счет высокой температуры выходных газов, проходящих через глушитель, датчик практически мгновенно осушается, а сопротивление его утечки на корпус резко возрастает.

В качестве датчика можно использовать штырь высокочастотного разъема. В передней стенке глушителя (применительно к мотору «Вихрь») просверливают отверстие диаметром 6—8 мм. Высокочастотный разъем закрепляют на стенке глушителя так, что штырь оказывается внутри водяной рубашки глушителя. При его установке осуществляется герметизация с помощью герметика. Штырь соединяют со входом усилителя на транзисторах T_1 и T_2 (рис. 35). После запуска двигателя при исправной системе охлаждения сопротивление утечки штыря равно нескольким десяткам ом, поэтому транзистор T_1 оказывается открытым, транзистор T_2 закрытым, а обмотка реле P_1 обесточенной. Индикаторная лампа *ЛН* не горит. При прекращении работы системы охлаждения двигателя сопротивление утечки датчика резко возрастает, транзистор T_1 закрывается, транзистор T_2 открывается, реле срабатывает и загорается индикаторная лампа, выведенная на пульт управления водителя. Загорание лампы свидетельствует о неисправности системы охлаждения. Можно использовать реле РЭС-9 (паспорт РС4.527.203) с напряжением срабатывания 6 В.

В тех случаях, когда целесообразно автоматически выключать мотор при возникновении неисправности в системе охлаждения, одна пара контактов реле

P_{11} используется для включения индикаторной лампы, а другая P_{1-2} выполняет замыкание первичной обмотки катушки зажигания на корпус, что приводит к выключению мотора. Контакты работают аналогично кнопке аварийного выключения мотора. Выключатель *В* позволяет разомкнуть цепь блокировки катушки зажигания тогда, когда двигатель не запущен и воды в системе охлаждения, естественно, нет. Он устанавливается на приборном щитке водителя.

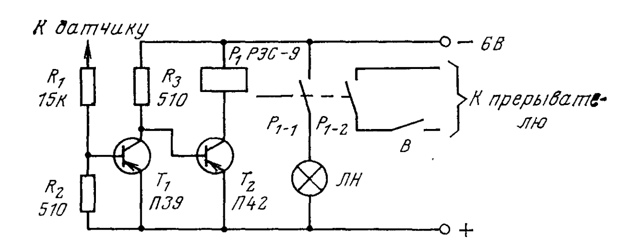


Рис. 35. Схема контроля наличия воды в системе охлаждения

В исходном положении перед запуском двигателя воды в системе охлаждения нет. Транзистор T_1 закрыт, транзистор T_2 открыт и реле включено. Индикаторная лампа горит, сигнализируя об отсутствии воды в системе охлаждения. Поскольку в этом положении выключатель разрывает цепь блокировки катушки зажигания, мотор может быть запущен, несмотря на то, что контактная пара P_{1-2} замкнута.

После запуска мотора с исправной системой охлаждения индикаторная лампа гаснет, контакты P_{1-2} размыкаются и может быть включен выключатель. Если же система охлаждения неисправна, то исходное состояние схемы сохраняется и после запуска мотора.

После запуска мотора и замыкания контактов контактная пара P_{1-2} оказывается подключенной параллельно первичной обмотке катушки зажигания. В случае последующего отказа системы охлаждения включается реле P_1 и первичная обмотка катушки зажигания шунтируется с помощью контактной пары P_{1-2}. Мотор автоматически выключается.

ИЗМЕРИТЕЛЬ УРОВНЯ ГОРЮЧЕГО

Как правило, бензобаки подвесных моторов не имеют указателей количества горючего в баке. Не имеют их и самодельные бензобаки, которые часто применяют в катерах. В то же время, знать о количестве бензина в баке нужно всегда: на стоянке, перед походом, при заправке и особенно на ходу, чтобы предупредить возможность остановки мотора из-за прекращения подачи бензина. На рис. 36 приведена схема дистанционного измерителя уровня бензина в

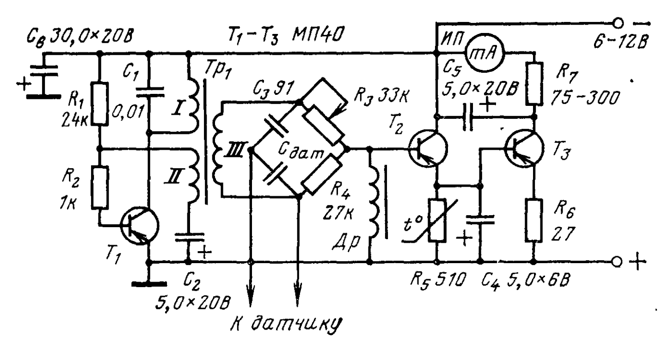


Рис. 36. Принципиальная схема дистанционного измерителя уровня горючего

баке, принцип работы которого основан на измерении емкости между стержнем датчика и стенками бензобака [3]. Емкость зависит от уровня бензина в баке: при уменьшении уровня бо́льшая площадь стенок бака оказывается свободной и между зондом и стенками образуется емкость $C_{дат}$, как это показано

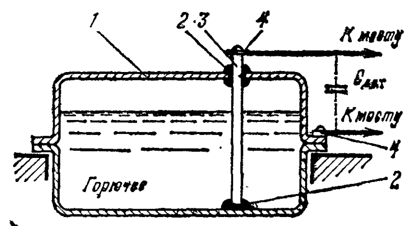


Рис. 37. Схема установки датчика уровня горючего:
1 — бензобак; *2* — изолятор; *3* — стержень датчика; *4* — вывод

на рис. 37. Емкость датчика входит в плечо измерительного *RC*-моста, на который подается напряжение низкой частоты. Изменение степени разбаланса моста при изменении емкости $C_{дат}$ определяется с помощью измерителя среднего тока.

Напряжение питания измерительного моста частотой 20—22 кГц вырабатывает генератор на транзисторе T_1 (см. рис. 36) с трансформаторной связью. Связь генератора с измерительным мостом осуществляется через обмотку *III* трансформатора Tp_1 генератора. Помимо емкости $C_{дат}$, в плечи измерительного моста входят резисторы R_3 и R_4 и конденсатор C_3. Переменный резистор R_3 используется для первоначального баланса моста.

В выходную диагональ моста включен вход эмиттерного повторителя на транзисторе T_2. База транзистора соединена с общим проводом через дроссель *Др*. При отсутствии напряжения разбаланса на выходе моста транзистор T_2 практически закрыт, так как напряжение на базе равно нулю. Транзистор T_3, база которого соединена с эмиттером транзистора T_2, также закрыт. Ток через транзистор T_3 практически равен нулю (начальным током транзистора можно пренебречь, так как его значение, составляющее несколько десятков микроампер, мало по сравнению с чувствительностью прибора). Стрелка измерительного прибора *ИП* стоит на нулевой отметке шкалы. В качестве эмиттерной нагрузки R_5 транзистора T_2 использован термистор, выполняющий компенсацию изменения начального тока транзистора T_3 при изменениях температуры.

При разбалансе моста за счет изменения емкости $C_{дат}$ на базу транзистора T_2 поступает переменное напряжение. Нелинейность входного сопротивления транзистора обеспечивает выпрямление тока и заряд конденсатора C_4 в эмиттерной цепи транзистора T_2. Напряжение на конденсаторе определяется средним значением выпрямленного тока и пропорционально степени разбаланса моста. Транзистор T_3 является усилителем постоянного тока. Его коллекторный ток, протекающий через измерительный прибор, определяется входным током, значение которого пропорционально напряжению на конденсаторе C_4. Резистор R_6 в эмиттерной цепи T_3 служит для создания отрицательной обратной связи, увеличивающей входное сопротивление транзистора. Резистор R_7 ограничивает коллекторный ток. Конденсатор C_5 выполняет сглаживание пульсаций в цепи коллектора T_3, появляющихся из-за прохождения переменных составляющих выпрямленного сигнала, недостаточно отфильтрованных в эмиттерной цепи T_2. Конденсатор C_5 способствует демпфированию колебаний стрелки измерительного прибора.

В приборе использованы низкочастотные транзисторы малой мощности П39—П42. Трансформатор Tp_1 можно намотать на ферритовом кольце с $\mu = 1000—2000$ диаметром 20—30 мм или на отрезке ферритового стержня магнитной антенны длиной 40—60 мм. Обмотка *I* содержит 200 витков, обмотка *II* — 80 витков, а обмотка *III* — 1100 витков провода ПЭВ 0,08—0,12. Дроссель наматывают на таком же сердечнике, что и трансформатор. Обмотка дросселя содержит 500—800 витков провода ПЭВ 0,12. В качестве измерительного прибора использован миллиамперметр с максимальным током отклонения 5—25 мА.

Конструкция зонда емкостного датчика зависит от формы и объема бака. Это может быть металлическая трубка или пластина, площадь поверхности которой должна быть не менее 100 см². Длина зонда превышает высоту бака. Он

должен быть изолирован от дна и крышки бака, сквозь которую он проходит. Зонд соединен с измерительным мостом изолированным проводником.

Прибор настраивают при пустом баке, когда показания измерительного прибора должны быть нулевыми. Сначала проверяют наличие генерации. Для этого перемещают движок резистора R_3. Если стрелка прибора отклоняется от нулевого деления, то это свидетельствует о нормальной работе генератора. При отсутствии генерации надо поменять местами выводы обмотки *I* или *II* трансформатора Tp_1. Затем выполняют балансировку измерительного моста. Для этого подбирают сопротивление переменного резистора R_3 таким, чтобы стрелка прибора при пустом баке установилась на нулевом делении шкалы. Добившись этого, надежно фиксируют ось движка переменного резистора. Далее заполняют бак бензином до максимального уровня и подбором сопротивлений резисторов R_6 и R_7 устанавливают стрелку измерительного прибора на последнее деление шкалы, соответствующее максимальному отклонению стрелки прибора. После этого выполняют градуировку промежуточных делений шкалы, отливая из бака по 5 л бензина и отмечая каждый раз показания стрелки измерительного прибора на шкале.

ЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ ЗАЖИГАНИЯ ДЛЯ ДВИГАТЕЛЕЙ

РАБОТА СИСТЕМ ЗАЖИГАНИЯ

Система зажигания является обязательным элементом четырехтактных двигателей внутреннего сгорания автомобильного типа, применяемых на катерах и яхтах (в качестве вспомогательного двигателя), и подвесных двухтактных двигателей, которые устанавливают на моторных лодках и небольших яхтах. Источником энергии для системы зажигания четырехтактного двигателя обычно служит аккумулятор. В связи с тем, что для уверенного зажигания горючей смеси необходима довольно большая энергия в искре, в системе осуществляется предварительное накапливание энергии. Обычно таким накопителем служит первичная обмотка катушки зажигания. Момент искрообразования жестко связан с положением вала двигателя и несколько опережает момент достижения поршнем верхней мертвой точки (ВТМ). В этот момент срабатывает синхронизирующий элемент системы зажигания. Обычно его роль играют размыкающиеся контакты прерывателя.

Срабатывание синхронизатора приводит к формированию импульса высокого напряжения (его амплитуда достигает 20—30 кВ) за счет накопленной ранее энергии. Источником высокого импульсного напряжения является катушка зажигания, представляющая собой импульсный высоковольтный трансформатор. Импульс высокого напряжения через распределитель поступает на электроды свечей зажигания, вызывая появление между ними искрового разряда, воспламеняющего горячую смесь. Затем весь процесс повторяется. Распределитель осуществляет разводку импульсов высокого напряжения по свечам цилиндров.

Система зажигания двухтактных двигателей построена на той же основе, но имеет некоторые непринципиальные отличия, связанные в основном с тем, что в качестве первичного источника питания здесь используется генератор переменного тока, а не аккумулятор. Как правило, генерирование низкого первичного напряжения и формирование высокого импульсного напряжения здесь выполняется в одном трансформаторе, работа которого синхронизируется также прерывателем, как и в рассмотренной выше системе для четырехтактных двигателей. Такой генератор называется магнето. Вторым отличием является отсутствие распределителя. Формирование высоковольтных импульсов для разных цилиндров выполняется автономными системами зажигания, состоящими из трансформаторов зажигания, прерывателей и свечей зажигания.

Одним из основных недостатков всех систем зажигания является низкая надежность контактов прерывателя. При размыкании между ними возникает дуговой разряд, который частично компенсируется конденсатором, обычно включаемым параллельно контактам. Тем не менее опыт эксплуатации автомобиль-

ных систем зажигания показал, что эксплуатационная долговечность контактов зависит от прерываемого тока. При малых токах долговечность контактов мала, так как любое незначительное загрязнение контактов приводит к повышению их переходного сопротивления, что нарушает работоспособность системы зажигания.

Если же ток через контакты превышает 4—5 А, то причиной выхода контактов из строя становится окисление и обгорание поверхности контактов, нарушение плоскости соприкосновения контактов и их электроэрозия. В результате эрозии контакт из плоскостного превращается в точечный, и его переходное сопротивление резко возрастает. В то же время, обычно ток разрываемого контактами прерывателя в системе зажигания превышает 4 А. Уменьшение этого тока сопровождается уменьшением энергии искрообразования, что отрицательно сказывается на надежности воспламенения горючей смеси. Помимо увеличения переходного сопротивления, эрозия контактов приводит к изменению зазора между ними. Зазор изменяется и вследствие механического воздействия на прерыватель вибрации, сопровождающей его работу. Изменение зазора в процессе эксплуатации также влияет на энергию искрообразования. Таким образом, для контактов прерывателя характерна низкая эксплуатационная надежность, приводящая к необходимости частой регулировки.

Другим недостатком, присущим применяемым системам зажигания, является относительно низкая энергия искрообразования, возможности увеличения которой ограничены рядом факторов. Так, например, чтобы увеличить индуктивность первичной обмотки катушки зажигания для повышения накапливаемой энергии, необходимо увеличить скорость измерения магнитного потока и иметь малую постоянную времени накопления энергии для уверенной работы системы зажигания на больших скоростях. Увеличение коэффициента трансформации для повышения выходного напряжения искрообразования ограничено наличием потерь во вторичных цепях катушки зажигания, например, недопустимое увеличение паразитной межвитковой емкости, которое вызывает падение выходного напряжения. Одним словом, электромеханическая система зажигания, описанная выше, практически достигла предела в совершенствовании ее характеристик.

Не лучше обстоит дело и с электромеханической системой зажигания двухтактных двигателей. Ко всем перечисленным недостаткам здесь добавляются также недостатки, связанные с применением магнето. Особенностью двухтактных двигателей является ручной запуск (в большинстве моделей), при котором скорость вращения маховика магнето ограничена. В то же время, выходное напряжение магнето в сильной степени зависит от частоты вращения маховика и при малых частотах мало. Поэтому в режиме запуска, когда необходимо наиболее надежное зажигание, магнето вырабатывает пониженное напряжение. Это и является одной из причин трудностей запуска двухтактных двигателей.

В последние годы в связи с развитием технологии полупроводников стало развиваться новое направление в проектировании систем зажигания — электронные системы зажигания, в которых низкое напряжение первичного источника питания (аккумулятора) повышается с помощью полупроводникового преобразователя напряжения до значения 300—450 В и используется для накопления энергии. В качестве накопителя обычно применяют конденсатор. Синхронизатор обеспечивает открытие электронного ключа и разряд через него конденсатора-накопителя на первичную обмотку катушки зажигания.

В связи с тем, что выходное напряжение преобразователя не зависит от частоты вращения вала двигателя, энергия искрообразования в такой системе постоянна во всем диапазоне частот, в том числе и при любых самых малых частотах вращения вала двигателя (что решает вопрос запуска двухтактных двигателей). Применение специальной схемы формирования управляющего импульса позволяет полностью разгрузить контакты прерывателя и исключить возможность электроэрозии контактов. Исключается также необходимость точного поддержания размера зазора между контактами. Через контакты не протекает, как ранее, ток накопителя, поэтому состояние контактов никак не сказывается на результирующем напряжении искрообразования. Увеличение напряжения на первичной обмотке катушки зажигания приводит к увеличению высокого напряжения искрообразования (с 12—25 кВ в электромеханической системе до 30—40 кВ в электронной) при использовании обычных катушек зажигания с приня-

тыми коэффициентами трансформации. Увеличение высокого напряжения искрообразования позволяет увеличить зазор между электродами свечи зажигания, что значительно улучшает условия воспламенения и полноту сгорания смеси. Система зажигания становится нечувствительной к изменению зазора между электродами свечи зажигания.

В настоящее время изменения претерпевает и синхронизатор работы системы зажигания. Применение магнитоэлектрических или светоимпульсных датчиков позволяет в электронной системе зажигания полностью исключить механический прерыватель, основное назначение которого состоит в коммутации тока первичной обмотки катушки зажигания. Такая замена способствует дальнейшему повышению надежности системы зажигания.

Электронные системы зажигания имеют следующие преимущества перед электромеханическими: универсальное применение на всех типах двигателей внутреннего сгорания; высокое и постоянное выходное напряжение искрообразования (30—40 кВ) при всех режимах работы двигателя; быстрый и плавный набор частот вращения без сбоев в работе двигателя, даже в очень нагруженных режимах; увеличение максимальной частоты вращения вала двигателя на 10—30%; упрощение эксплуатации и значительное увеличение сроков эксплуатации прерывателя или полный отказ от него; полное сгорание топлива при малых и больших оборотах двигателя, приводящее к уменьшению токсичности выхлопных газов, что немаловажно в условиях борьбы за чистоту окружающей среды; экономия горючего на 5—10%; увеличение долговечности аккумулятора благодаря простоте запуска; облегченный запуск двигателя при отрицательных температурах и при ручном запуске двухтактных двигателей; устойчивая работа на малых оборотах (что особенно важно для двухтактных двигателей).

Ниже приведены примеры построения электронных систем зажигания для четырехтактных и двухтактных двигателей с различными схемами магнето, а также бесконтактные системы электронного зажигания. В основу всех этих систем положена конденсаторно-тиристорная система зажигания, показавшая оптимальные результаты. Системы зажигания, в которых применяются транзисторы для разгрузки контактов прерывателя, не рассматриваются, так как они не обладают всей совокупностью положительных качеств, присущих конденсаторно-тиристорной системе.

ЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ ЗАЖИГАНИЯ ДЛЯ ЧЕТЫРЕХТАКТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

На рис. 38 приведена принципиальная схема электронной системы зажигания для четырехтактных двигателей автомобильного типа, которые широко применяются на катерах в качестве стационарных двигателей. Эта схема хорошо известна, отработана и испытана. В нее входят: двухтактный преобразователь напряжения первичного источника 12 В в напряжение 420 В на транзисторах T_1 и T_2, накопительный конденсатор C_2 и ключ на тиристоре T, схема управления тиристором и катушка зажигания *КЗ*. При размыкании контактов прерывателя *К* на управляющий электрод тиристора с конденсатора C_3 через диод $Д_{10}$ и резистор R_7 подается положительный управляющий импульс, открывающий тиристор. Накопительный конденсатор C_2 через открытый тиристор разряжается на первичную обмотку катушки зажигания *КЗ*. Одновременно тиристор закорачивает выход выпрямителя преобразователя и колебания в преобразователе срываются. Поэтому заряд на конденсаторе не восстанавливается до момента закрывания тиристора. После того как в цепи C_2*КЗ* завершится колебательный процесс, ток станет равным нулю, тиристор закроется и прекратит шунтировать преобразователь. Генератор преобразователя вновь начинает работать, и повторяется заряд накопительного конденсатора.

Диод $Д_9$ предназначен для подачи закрывающего напряжения смещения на управляющий электрод тиристора. Такое же напряжение формирует диод $Д_{10}$ из второго полупериода напряжения на катушке зажигания, который введен для предотвращения повторного срабатывания схемы из-за возможного «дребезга» контактов прерывателя.

Особенностью данного преобразователя напряжения является применение в нем транзисторов средней мощности с шунтированием диодами их эмиттерных

переходов. Это необходимая мера предосторожности, позволившая использовать транзисторы средней мощности устаревших серий при достаточно больших индуктивностях обмоток трансформатора. В противном случае может произойти выход траизисторов из строя в случае отключения одной половины мультивиб-

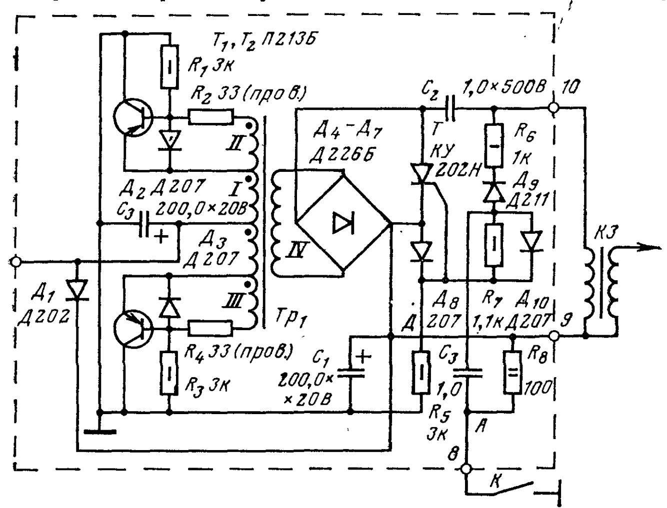


Рис. 38. **Прииципиальная схема электронной системы зажигания**

ратора из-за его неисправности или неправильной фазировки обратной связи. Применение здесь транзисторов средней мощности оправдано тем, что даже в наиболее тяжелом режиме предельные возможности используемых транзисторов (типа П213Б) реализуются лишь на 40%.

Ток, нотребляемый преобразователем на холостом ходу, составляет 410 мА, при частоте искрообразования 200 Гц — около 1,6 А. Для повышения устойчивости системы к помехам введен фильтр, состоящий из конденсаторов C_1 и C_3 и диода $Д_8$. Частота мультивибратора преобразователя около 500 Гц.

Трансформатор $Тр_1$ собран на сердечнике Ш16×24. Обмотка *I* содержит 50 витков провода ПЭВ-2 1,0 с отводом от средней точки. Обе ее половины намотаны одновременно (в два провода), а средняя точка образована путем соединения конца одной секции с началом другой. Обмотки *II* и *III* содержат по 5 витков провода ПЭЛШО 0,35, а обмотка *IV*—840 витков провода ПЭЛШО 0,19. При намотке каждый слой провода пропитывают шеллачным лаком.

Проверку работы схемы можно выполнять только при условии нагрузки вторичной обмотки катушки зажигания путем подключения к ней свечи зажигания с увеличенным до 2,5 мм зазором или подключением разрядника. Зазор в свечах должен составлять 0,7—0,8 мм. Одновременно с применением электронной системы зажигания целесообразно в электросистеме четырехтактного двигателя заменить электромеханический реле-регулятор на электронный блок аналогичного назначения. Применение электронного регулятора позволяет значительно уменьшить колебания напряжения в электросистеме при изменении частоты вращения вала двигателя. Благодаря этому значительно улучшается режим зарядки аккумулятора, прекращается выкипание электролита, повышается надежность работы электроприборов и электроламп, не подвергающихся перенапряжению. Большим преимуществом электронного регулятора является отсутствие необходимости в периодической подстройке и регулировке его работы. Эксплуатация электронного регулятора подтвердила его высокую надежность.

Принципиальная схема электронного регулятора напряжения приведена на рис. 39. Назначение прибора — поддерживать в системе электропитания двигателя и бортовой сети напряжение в пределах 14,5—14,8 В на всех режимах работы мотора. При малой частоте вращения якоря генератора диодная часть ре-

гулятора отключает генератор от сети и аккумулятора, предотвращая разряд аккумулятора через него. Регулятор напряжения защищает генератор от перегрузки, ограничивая максимальный ток генератора в пределах 17—19 А. Во всех случаях электронный регулятор воздействует на обмотку возбуждения генератора.

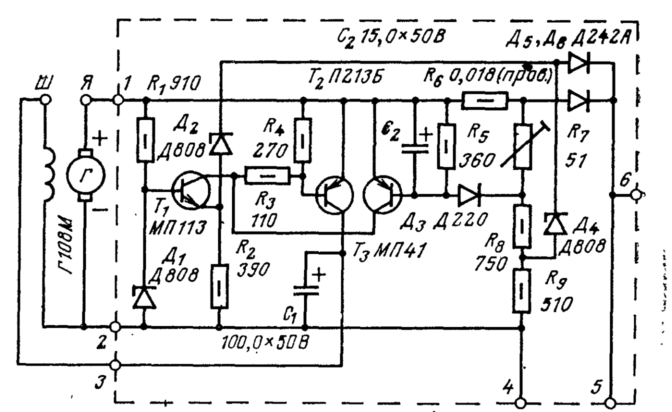


Рис. 39. Принципиальная схема электронного регулятора напряжения

Принцип действия регулятора заключается в следующем. Схема сравнения вырабатывает ток, пропорциональный (в пределах рабочего диапазона значений) разности между напряжением на щетках генератора и опорным напряжением. После необходимого усиления этот ток поступает в обмотку возбуждения генератора. При снижении напряжения в сети ток возрастает, при увеличении уменьшается. Тем самым обеспечивается постоянство выходного напряжения генератора.

Ограничитель тока управляется напряжением, падающим на малом сопротивлении резистора, включенного последовательно с цепью якоря генератора. Если это напряжение достигает установленного значения, ток в обмотке возбуждения генератора уменьшается.

Схема сравнения собрана на двух стабилитронах $Д_1$ и $Д_2$, резисторах R_1 и R_2 и транзисторе T_1. Коллекторный ток транзистора T_1 поступает в цепь базы транзистора T_2 и усиливается им. Коллекторный ток транзистора T_2, используемый для питания обмотки возбуждения генератора, изменяется в соответствии с изменением напряжения на щетках генератора. Наибольшее его значение составляет 2 А, а среднее — около 0,6 А.

Большая индуктивность обмотки возбуждения приводит к появлению на ней «всплесков» напряжения, значительно превышающих допустимое напряжение транзистора T_2. Поэтому обмотка зашунтирована конденсатором C_1, снижающим «всплески» напряжения до приемлемого значения.

Ограничение тока при перегрузке генератора достигается следующим образом. Поступающий в нагрузку ток проходит через резистор R_6. Падение напряжения на этом резисторе при максимальном токе составляет 0,35 В. Оно суммируется с падением напряжения на резисторе R_7 и открывает транзистор T_3, шунтирующий вход транзистора T_2. Ток в обмотке возбуждения снижается, а ток в цепи якоря генератора остается в допустимых пределах. При токе меньше 17 А транзистор T_3 закрыт. Для получения крутой характеристики ограничения в цепи базы транзистора включен кремниевый диод $Д_3$. Цепь генератора соединена с электросистемой через параллельно соединенные диоды $Д_5$ и $Д_6$.

Для уменьшения влияния изменений температуры на работу электронного регулятора транзистор T_1 желательно применять кремниевый. Коэффициент передачи тока транзистора T_2 должен быть не менее 100 при токе коллектора 0,1 А, транзисторов T_1 и T_3 — не ниже 25.

Стабилитроны $Д_1$ и $Д_2$ необходимо подобрать так, чтобы напряжение между зажимами *4* и *5* было в пределах 14,5—14,8 В. Для этого их суммарное напряжение стабилизации должно составлять 15,4—15,6 В. Диоды $Д_5$ и $Д_6$ желательно использовать из одной партии, что гарантирует идентичность их параметров. Для отбора надо включить эти диоды последовательно, пропустить через них ток около 5 А и измерить падение напряжения на каждом из них. Эти значения должны совпадать с точностью до нескольких процентов. Суммарный обратный ток диодов при температуре 20° С и напряжении 20 В не должен превышать 1 мА.

Систему ограничения настраивают так. Между выходом электронного регулятора и электросетью включают амперметр на 20—30 А. При работающем двигателе отключают аккумуляторную батарею и включением любой внешней нагрузки устанавливают ток 20 А. Резистор R_7 закорачивают, затем перемещая движок, устанавливают ток 18 А. На этом настройка заканчивается.

Резистор R_6 проволочный (намотан из константана на резисторе типа ВС-5 вместо каркаса). Особое внимание следует уделить надежности припайки концов провода из константана к выводам резистора. Сопротивление резистора R_6 может быть 0,015—0,02 Ом. Транзистор T_3 и резистор R_7 соединяют непосредственно с выводами резистора R_6 отдельными проводниками.

Транзистор T_2 и диоды $Д_5$, $Д_6$ желательно установить на кожухе прибора, выполняющем в этом случае роль радиатора. Для изоляции приборов от корпуса должны быть использованы слюдяные прокладки.

На рис. 40 показана принципиальная схема электронной системы зажигания, в которой число элементов схемы сведено до минимума при сохранении надежности системы и удовлетворительного качества искры [7]. Упрощение схемы преследует цель облегчить ее повторение тем, кто не имеет достаточного опыта постройки электронных устройств.

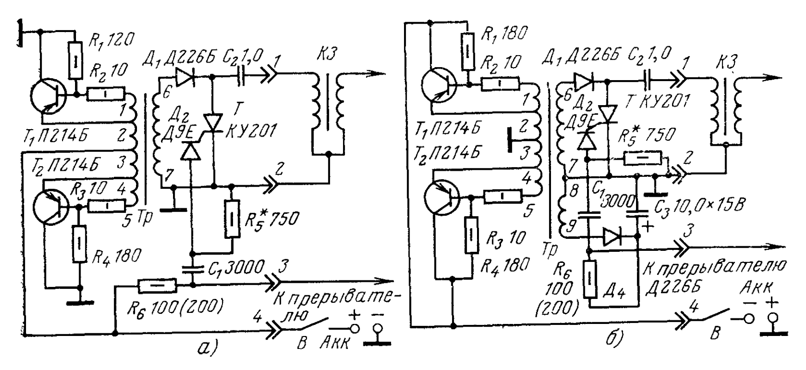


Рис. 40. Упрощенная схема системы электронного зажигания

Схема работает аналогично одному из каналов схемы зажигания для четырехтактных двигателей. Разница в схемах, приведенных на рис. 40, *а* и *б*, вызвана тем, что на первом из рисунков с массой двигателя соединена минусовая клемма аккумулятора, а на втором — плюсовая. Упрощена схема включения транзисторов преобразователя напряжения и выпрямителя (выполнен по однополупериодной схеме). Схема управления тиристором работает следующим образом. При замкнутых контактах прерывателя напряжение на конденсаторе C_1 равно нулю, и тиристор закрыт. При размыкании контактов прерывателя через конденсатор C_1 и резисторы R_6 и R_5 происходит бросок тока от аккумулятора (рис. 40,*а*) или от отдельного выпрямителя, составленного из обмотки *8*, *9* трансформатора, диода $Д_4$ и конденсатора C_3 (рис. 40,*б*). Положительное напряжение на резисторе R_5 открывает диод $Д_2$ в цепи управляющего электрода тиристора, и тиристор начинает проводить ток, обеспечивая разряд накопительного конденсатора C_2 на первичную обмотку катушки зажигания *КЗ*.

При указанных на схеме номиналах элементов максимальная частота вращения вала четырехтактного четырехцилиндрового двигателя может превышать 8000 об./мин.

Система зажигания может быть использована с источником питания 6 или 12 В. Изменяются только данные трансформатора $Тр$ и сопротивление резистора R_6. Данные трансформаторов для указанных двух случаев приведены в табл. 3. Сопротивление резистора R_6 должно составлять 100 Ом при напряжении питания 6 В и 200 Ом при напряжении питания 12 В.

Таблица 3

Тип ферритового сердечника	Выводы обмотки	Число витков		Тип провода
		6 В	12 В	
Тороидальный, сечением 1,2 см²	*1—2* *2—3—4* *4—5* *6—7* *8—9*	13 40+40 13 1300 50	20 90+90 20 1800 100	ПЭВ 0,31 ПЭВ 0,9 ПЭВ 0,31 ПЭВ 0,2 ПЭВ 0,2
Ш-образный, сечением 1,5 см²	*1—2* *2—3—4* *4—5* *6—7* *8—9*	10 35+35 10 1150 40	18 50+50 18 1400 55	ПЭВ 0,31 ПЭВ 1,0 ПЭВ 0,31 ПЭВ 0,2 ПЭВ 0,2

На рис. 41 показана схема, предусматривающая возможность перехода на штатную для двигателя систему зажигания в случае неисправности электронной системы. Для переключения цепей зажигания используют два тумблера B_1 и B_2 типа ТП1-2.

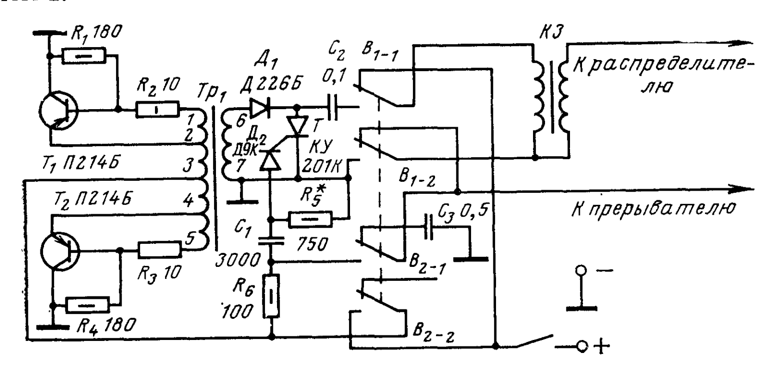


Рис. 41. Схема электронной системы зажигания с переключеиием на электромеханическую

Транзисторы T_1 и T_2 необходимо установить на радиаторах для отвода рассеиваемой на них тепловой мощности. Трансформатор $Тр_1$ наматывают на Ш-образном ферритовом сердечнике сечением 1,5 см² или на ферритовом кольце сечением 1,2 см² с внутренним диаметром не менее 25 мм. Конденсатор C_2 типа МБМ или МБГЧ-1 с рабочим напряжением 300 В. Тиристор типа КУ201К или любой другой с напряжением переключения 300—350 В.

При правильной намотке трансформатора $Тр_1$ и исправных элементах система начинает работать сразу. Основная трудность при настройке возникает при подборе резистора R_5, от которого зависит надежность работы системы при минимальной частоте вращения вала двигателя. Его сопротивление в зависимости от типа тиристора может быть от 700 Ом до 10 кОм.

УНИВЕРСАЛЬНАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ СИСТЕМА ЗАЖИГАНИЯ ДЛЯ ДВУХТАКТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

В качестве источника энергии двухтактных двигателей, применяемых в подвесных моторах для лодок и в моторах мотоциклов, как правило, используют магнето, являющееся магнитоэлектрическим генератором высокого напряжения. Если магнето имеет низковольтную катушку, с которой снимается низкое напряжение в систему электроснабжения катера, то такое магнето называют магдино.

Одним из основных недостатков магнето является зависимость выходного напряжения от частоты вращения вала двигателя. При минимальной частоте вращения — примерно 200 об./мин — вырабатываемое напряжение мало. Это приводит к неустойчивости работы двигателя на минимальной частоте вращения, причем число минимальных устойчивых оборотов зависит от многих факторов: качества горючей смеси, температуры окружающей среды, от общего состояния двигателя. Еще больше эта особенность проявляется в снижении надежности запуска двигателя от ручного стартера, которым оборудовано большинство подвесных моторов. Для того чтобы получить высокое напряжение, достаточное для устойчивого воспламенения горючей смеси, ротор магнето (в данном случае это маховик двигателя) надо раскрутить до вполне определенной частоты вращения. Например, как следует из инструкции по эксплуатации магнето подвесного мотора типа МГ-10, частота вращения должна быть не менее 200 об./мин. Однако в связи с тем, что запуск мотора осуществляется путем раскрутки маховика шнуром, для получения такой частоты вращения требуется сильный рывок, а чаще всего несколько рывков. Такой запуск очень ненадежен.

Применение электронного зажигания для двухтактных двигателей в первую очередь облегчает запуск двигателя и повышает устойчивость работы при малых частотах вращения. В этом случае электронное зажигание дает существенный выигрыш и полностью оправдывает себя заметным увеличением эксплуатационных характеристик двигателя. Значительно увеличивается срок службы свечей зажигания. Уменьшается нагарообразование на головке блока цилиндров и поршнях. Несколько повышается мощность мотора.

Ниже описана схема электронного зажигания, предназначенная для двухтактного двухцилиндрового двигателя с выносными катушками зажигания (типа «Вихрь»). Следует отметить, что эта система является универсальной и может быть использована с любым двухцилиндровым или одноцилиндровым двухтактным мотором, имеющим выносные катушки зажигания. При отсутствии выносных катушек зажигания они должны быть добавлены. В связи с тем, что мотор «Вихрь» имеет отдельный канал зажигания для каждого цилиндра, электронная система состоит из двух независимых каналов искрообразования. Как будет показано ниже, конструктивно каждый канал искрообразования выполнен автономно в виде отдельного прибора. Это позволяет при одноцилиндровом моторе исключить один канал.

Электронная часть построена по тому же принципу, что и описанные ранее (для четырехтактных двигателей). Это тиристорно-конденсаторное устройство с батарейным питанием. Оно состоит из преобразователя напряжения, двух каналов накопления энергии и искрообразования, двух прерывателей и катушек зажигания. Полная схема электронной системы зажигания приведена на рис. 42.

Диоды $Д_5$ и $Д_8$ предназначены для развязки накопителей энергии. Когда начинает проводить один из тиристоров, например в накопителе *I*, начинается разряд конденсатора C_1. Преобразователь напряжения нагружается и его выходное напряжение уменьшается. Диод $Д_8$ накопителя *II* закрывается, так как конденсатор C_2 к этому времени заряжен до полного напряжения преобразователя 300 В. В результате этого исключается возможность разряда конденсатора C_2 через тиристор накопителя *I*. Аналогично, при включении тиристора в накопителе *II* закрывается диод $Д_5$.

Параметры накопителей выбраны такими, что система обеспечивает постоянную энергию искры при всех режимах работы мотора. Следует отметить, что для высокооборотных моторов емкость накопительного конденсатора может оказаться слишком большой. На максимальных оборотах он не успевает зарядиться и искра достаточной энергии не образуется. В результате мотор не набирает

максимальных оборотов и автоматически стабилизирует максимальную частоту вращения ниже допустимой. В таком случае емкость накопительных конденсаторов C_1 и C_2 следует уменьшить в два раза.

Предохранитель *Пр* рассчитан на ток 2 А. В преобразователе вместо транзисторов типа П217 можно использовать другие мощные: П4, П216, П210. Диоды $Д_1$—$Д_4$ должны иметь рабочее напряжение не менее 400 В. Диоды $Д_5$—$Д_{10}$

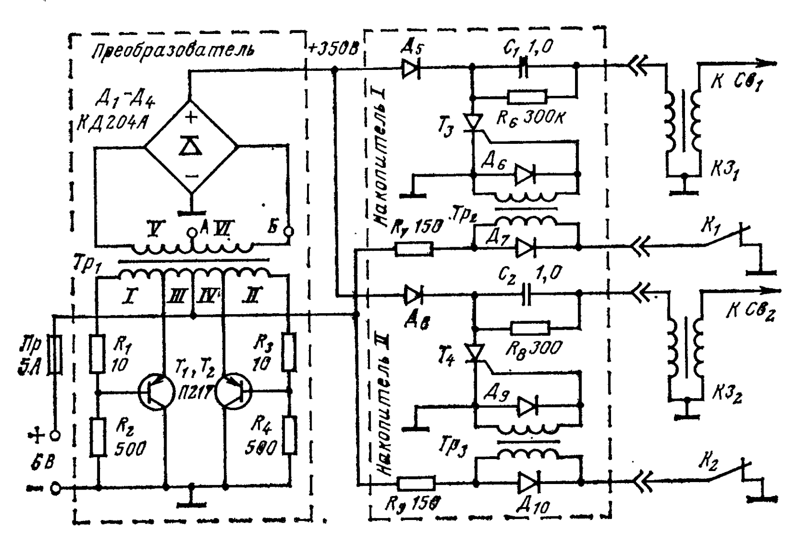


Рис. 42. Двухканальная схема электронного зажигания

типа Д229Б. Конденсаторы типа МБГО на рабочее напряжение 400 В. Резисторы R_6 и R_8 типа МЛТ-0,5; резисторы R_1 и R_3 типа ПТМН-1; резисторы R_2, R_4, R_7, R_9 типа МЛТ-2,0.

Тиристоры должны иметь рабочее напряжение не менее 450 В. В частности, в описываемом приборе применены тиристоры типа КУ202Н, подобранные так, что их напряжение включения превышает 450 В. Трансформатор $Тр_1$ имеет магнитопровод тороидального типа из материала 35НКМП. Сердечник витой, размерами 10×36×56 мм. Обмотки *I* и *II* содержат по 19 витков провода ПЭЛ 1,16, обмотки *III* и *IV* — по 10 витков провода ПЭЛ 0,24, обмотки *V* и *VI* — по 565 витков провода ПЭЛ 0,18. Для обеспечения симметрии плеч мультивибратора на транзисторах T_1 и T_2, парные обмотки *I*—*II*, *III*—*IV* следует наматывать в два провода одновременно с последующим соединением образованных при такой намотке двух обмоток в соответствии с принципиальной схемой, на которой показаны начала и концы каждой обмотки. Сначала наматывают обмотки *V* и *VI*, а затем сложенным вдвое проводом наматывают одновременно обмотки *III* и *IV*, поверх них также сложенным вдвоем проводом обмотки *I* и *II*. Распайку обмоток производят в соответствии с принципиальной схемой, на которой показаны начала и концы всех обмоток. Для обеспечения влагонепроницаемости трансформатора, его заливают эпоксидным компаундом, поместив предварительно в подходящую по размеру цилиндрическую форму. Предварительно проводом диаметром 1 мм делают жесткие выводы обмоток в соответствии с порядком выводов, следующим из изображения на печатной плате и рис. 45, *б*.

Малогабаритные импульсные трансформаторы $Тр_2$ и $Тр_3$ намотаны на ферритовом кольцевом магнитопроводе с $\mu = 300$, наружный диаметр которого 17 мм, внутренний 7 мм, а высота 5 мм. Трансформатор имеет две одинаковые обмотки по 100 витков провода ПЭВ-2 0,15. В качестве импульсного трансформатора можно использовать подходящий серийный трансформатор, например, типа МИТ-4, использовав две из трех обмоток по 100 витков.

Конструктивно электронная схема зажигания выполнена в виде двух отдельных приборов. В одном из них собран преобразователь напряжения, в другом — два канала накопителя энергии. В случае применения электронного зажигания для лодочного мотора такое конструктивное оформление очень удобно в силу того, что накопители всегда целесообразно располагать в непосредственной близости к катушкам зажигания, чтобы сохранить наибольшую скорость нарастания напряжения на первичных обмотках катушек зажигания, а преобразователь может быть расположен в любом удобном месте. Кроме того, отдельный преобразователь может быть использован не только для электронного зажигания, но и для питания других потребителей, использующих для своей работы напряжение 300—350 В. Преобразователь можно использовать, в частности, для питания электронного сигнализатора расхождения, электробритвы (с соответствующим гашением избытка напряжения) и т. п.

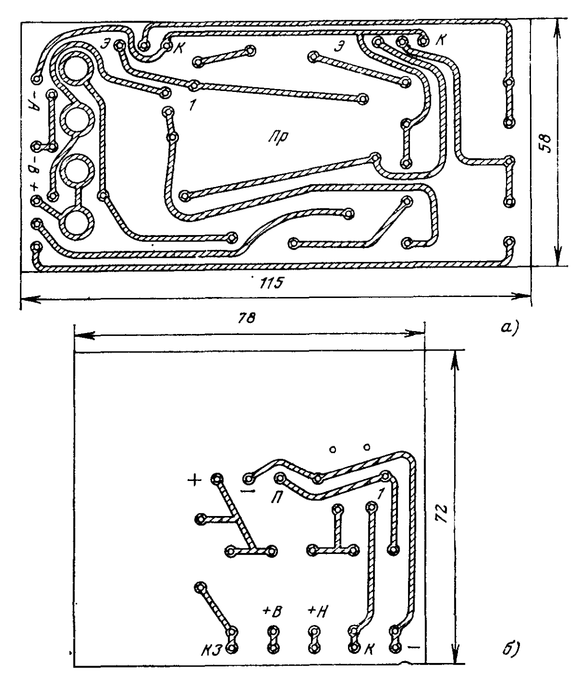


Рис. 43. Печатные платы преобразователя *(а)* и накопителя *(б)*

При изготовлении приборов был использован печатный монтаж. На рис. 43 показаны соединения печатной платы преобразователя и канала накопителя, а на рис. 44 — вид самой платы. Они позволяют установить расположение элементов на платах перед монтажом. Принципиальные схемы преобразователя и канала накопителя, на которых приведены все элементы плат, выделены на принципиальной схеме электронной системы зажигания штриховыми линиями.

На плате преобразователя помимо элементов схемы расположен также трансформатор $Тр_1$ и радиатор, на котором находятся оба транзистора мультивибратора. Радиатор выполняет также роль передней панели прибора. Радиатор жестко крепят к плате винтами или клеем. На кожухе преобразователя размером 42×80×110 мм установлен разъем, обеспечивающий четыре связи, соединяющие преобразователь с аккумулятором (+*Акк* и —*Акк*) и с накопителями энергии (+300 В и +*Акк*). Кожух преобразователя изготовлен из листового алюминия толщиной 0,5 мм.

Каждый канал накопителя выполнен на отдельной печатной плате. Тиристор канала установлен на радиаторе, являющемся одновременно передней стенкой прибора. Обе платы накопителя устанавливают в одном кожухе размером 30×

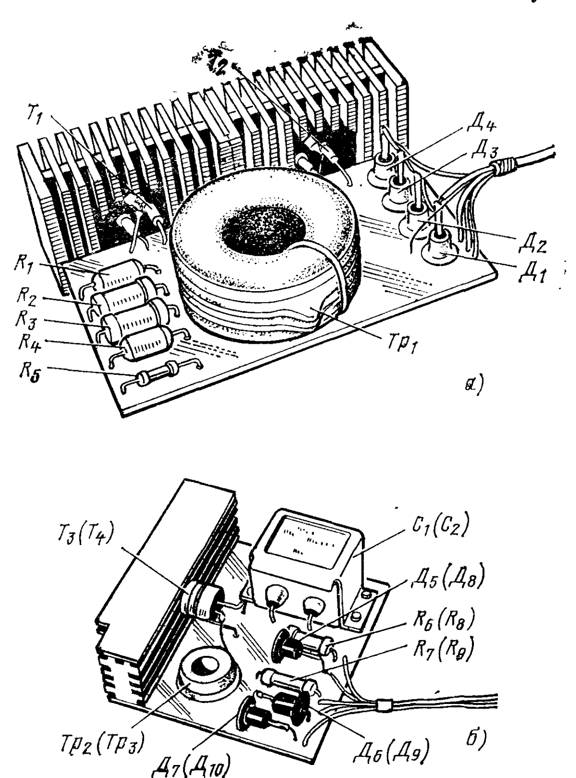


Рис. 44. Преобразователь *(а)* и накопитель *(б)*

×70×150 мм, изготовленном из листового дюралюминия толщиной 0,5 мм. На кожухе установлен общий для обоих каналов разъем, через который проходят связи с обеими катушками зажигания, двумя прерывателями, преобразователем напряжения (две связи) и корпусом мотора.

Для предохранения элементов схемы от влаги печатные платы со стороны печати и монтажа (вместе с элементами) покрывают защитной пленкой эпоксидного компаунда. Разъемы и радиаторы устанавливают на кожухе на герметике.

На рис. 45 показаны схема обмоток и расположение жестких выводов импульсного трансформатора типа МИТ, ФИТ или самодельного трансформатора преобразователя. Для удобства намотки и универсальности трансформатора преобразователя его обмотки *I* и *II* выполнены изолированными. В схеме преобразователя выводы *1—4* и *5—9* соединены перемычками. Повышающая обмотка имеет вывод от средней точки. Это позволяет использовать преобразователь при первичном напряжении 6 и 12 В. При напряжении источника первичного питания 12 В вторичное напряжение 350 В снимается с обмотки между выводами *8* и *10*. При напряжении первичного питания 6 В вторичное напряжение снимается с полной обмотки между выводами *8* и *2*.

Иногда под рукой не оказывается необходимого магнитопровода для трансформатора преобразователя. Для такого случая, в табл. 4 приведены данные нескольких вариантов трансформаторов с различными сердечниками, каждый из которых может быть применен в описываемой схеме преобразователя.

Таблица 4

Типоразмер магнитопровода	Материал	Толщина пластин (ленты), мм	Число витков/диаметр провода, мм		
			I и II	III и IV	V и VI
Витой кольцевой:					
36×56×10	34НКМП	0,1	4,3/0,9	14/0,35	790/0,31
56×40×12	Э-310	—	4,5×1,0	13×0,3	625×0,25
Витой разрезной ШЛ10×20	Э-350	0,08	23/0,86	7,5/0,35	400/0,23
Тороидальный:					
32×50×16 мм	Э-350	0,08	32/1,16	11/0,35	550/0,31
Ш16×16	Э-350	0,16	35×1,0	10×0,3	570×0,2

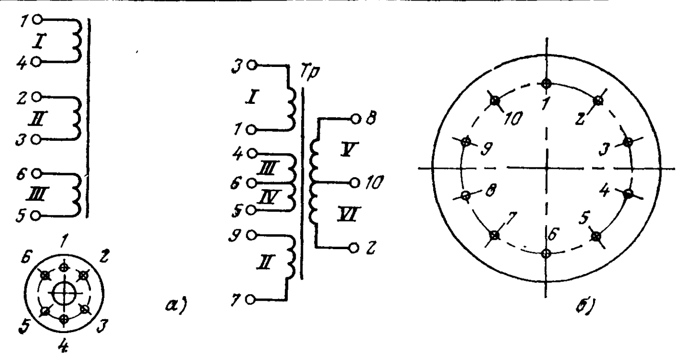


Рис. 45. Схема обмоток и расположение выводов импульсного трансформатора *(а)* и трансформатора преобразователя *(б)*

БЕСКОНТАКТНЫЕ ЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ ЗАЖИГАНИЯ

К недостаткам рассмотренных электронных систем зажигания относится необходимость применения аккумулятора, в то время как подвесные лодочные моторы с электромеханической системой зажигания работают без внешнего источника электроэнергии. Такая автономия достигается применением собственного генератора переменного тока — магнето МЛ-10, МГ-101 или магдино МВ-1. При небольшой доработке такого генератора он может служить идеальным датчиком моментов зажигания, поскольку основан на применении системы магнитов, положение которых жестко связано с валом двигателя.

Использование генератора переменного тока в качестве датчика моментов зажигания позволяет отказаться от применения прерывателей в системе зажигания, являющихся основным источником ненадежности. Контакты прерывателя требуют частой чистки, регулировки зазора, быстро изнашиваются. В большинстве моторов доступ к ним очень неудобен: для проверки, очистки и регулировки зазоров прерывателей необходимо снимать маховик, закрывающий плату генератора переменного тока.

Электронное зажигание для моторов «Стрела», «Москва», «Ветерок». Описываемая ниже бесконтактная система зажигания не требует аккумуляторной батареи, не имеет механических элементов для формирования моментов зажигания (контактов прерывателя, толкателей, кулачка прерывателя), обеспечивает мощную искру, легкий запуск и равномерную работу двигателя. В результате более полного сгорания топлива несколько повышается экономичность и мощность двигателя и снижается токсичность выхлопа.

Система предназначена для подвесных моторов типа «Стрела», «Москва», «Ветерок», использующих маховичное магнето МЛ-10 в различных модификациях, касающихся главным образом количества и расположения магнитов и катушек.

При использовании одного магнита на маховике и одной катушки зажигания, как это сделано в моторе «Стрела», форма индуктируемого напряжения *е* в обмотке катушки зажигания имеет вид, показанный на рис. 46, *а*. В моменты, когда мимо Э-образного сердечника катушки зажигания проходят полюса магнита, как это показано на рис. 46,*б*, вследствие изменения магнитного потока Ф в обмотке катушки зажигания возникает э. д. с., знак и значение которой зависят от взаимного расположения магнита и сердечника. Расстояние между разнополярными импульсами э. д. с. определяется размерами магнита и сердечника и для рассматриваемых моторов составляет 45°.

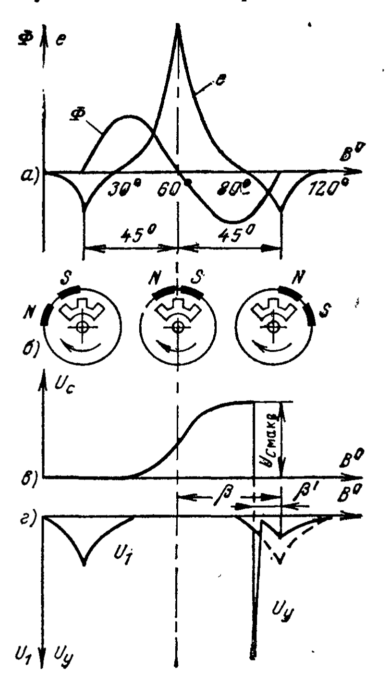


Рис. 46. Принцип работы и форма напряжений в системе зажигания двухтактных двигателей «Стрела», «Ветерок», «Москва»

Максимальная амплитуда э. д. с. холостого хода (положительной полярности) имеет место в моменты, когда магнит полностью совпадает с сердечником. Положительный импульс используется в бесконтактной системе зажигания для заряда накопительного конденсатора. При этом максимальное напряжение на конденсаторе, нарастающее по экспоненте, достигается с некоторой задержкой, соответствующей углу β поворота вала относительно максимального импульса. Угол β зависит от частоты вращения маховика и параметров заряда цепи. Процесс заряда конденсатора показан на рис. 46, *в*.

Естественно, что следующий за циклом заряда конденсатора второй отрицательный импульс э. д. с. может быть использован для отпирания тиристора, т. е. использоваться как импульс зажигания.

Простейшие схемы бесконтактного электронного зажигания приведены на рис. 47. Это тиристорно-конденсаторные системы, подобные описанной ранее. Фактически по этому принципу строят все системы зажигания для лодочных моторов. Разница между ними заключается лишь в деталях формирования импульсов зажигания тиристора и в конструкции элементов системы и их расположении на моторе.

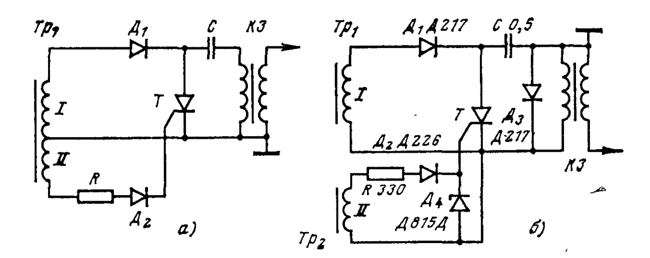


Рис. 47. Простая схема бесконтактного электронного зажигания *(а)* и видоизмененная, позволяющая улучшить теплоотвод от тиристора *(б)*

Во всех бесконтактных системах функции катушки зажигания и трансформатора питания системы высоким напряжением разделены. Катушку зажигания выносят из магнето и устанавливают на дополнительной плате, иногда вместе с другими элементами системы зажигания. Убирают также узлы прерывателей и

конденсаторы. На плате магнето остается лишь трансформатор, формирующий высоковольтные импульсы питания конденсатора, и трансформатор, вырабатывающий управляющие импульсы электронной системы зажигания. На моторе с двумя цилиндрами (например, типа «Ветерок») оба трансформатора могут быть совмещены на одном сердечнике, как это показано на рис. 47, *а*.

На моторе с одним цилиндром (например, типа «Стрела») трансформатор высоковольтных импульсов устанавливают на месте катушки зажигания, а трансформатор управляющих импульсов — со сдвигом 90° относительно трансформатора $Тр_1$, т. е. на месте прерывателя. В этом случае можно полностью использовать управление платой зажигания и дроссельной заслонкой мотора.

Схема системы зажигания с разделенными трансформаторами показана на рис. 47, *б*. Трансформатор $Тр_1$, размещенный на штатном сердечнике магнето имеет обмотку из 2000 витков провода ПЭВ 0,23; трансформатор $Тр_2$ обмотку из 700 витков провода ПЭЛШО 0,15, размещенную на сердечнике, эскиз которого приведен на рис. 56. Трансформатор $Тр_2$ устанавливают на месте прерывателя.

Остальные элементы монтируют на текстолитовой плате, устанавливаемой на ручке для переноса мотора под бензобаком. На этой же плате установлена и катушка зажигания. Плата с элементами защищена прямоугольным металлическим кожухом размером 110×60×50 мм, закрываемом крышкой.

Элементы системы, за исключением катушки зажигания, можно разместить и на панели магнето. Для того чтобы тиристор можно было закрепить непосредственно на панели магнето (что обеспечивает его теплоотвод), схема системы зажигания должна быть несколько видоизменена, как это показано на рис. 47, *б*. Кремниевый стабилитрон $Д_4$ используется здесь для ограничения напряжения на управляющем электроде тиристора, которое растет с увеличением частоты вращения вала двигателя. Диод $Д_1$ обеспечивает использование для заряда накопительного конденсатора только положительных импульсов магнето. Диод $Д_2$ пропускает на управляющий электрод тиристора только положительные относительно общей шины импульсы в обмотке *II*, соответствующие отрицательным импульсам магнето. При этом первый импульс не открывает тиристор, потому что на накопительном конденсаторе в это время нет напряжения.

Диод $Д_3$ снижает обратное напряжение, возникающее при перезаряде емкости через катушку зажигания. Из рис. 48, *г*, на котором показана осциллограмма напряжения на накопительном конденсаторе, видно, что при отсутствии

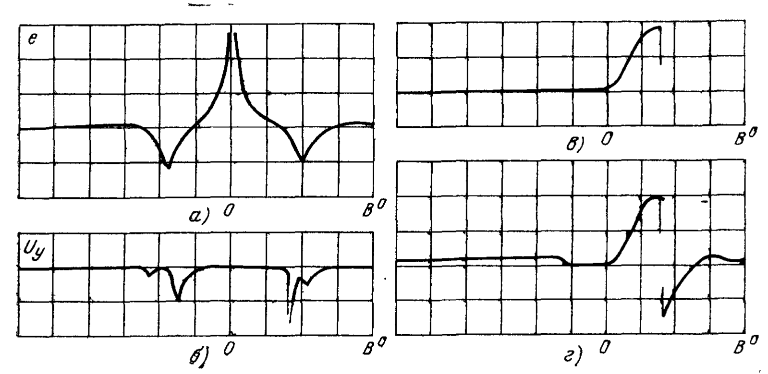


Рис. 48. Осциллограммы напряжений в бесконтактной электронной системе зажигания при трехкерновом сердечнике катушки

диода $Д_3$ при перезаряде емкости конденсатора *С* возникает отрицательный импульс, амплитуда которого практически равна напряжению заряда конденсатора [16]. Этот импульс прикладывается к тиристору в полярности, противоположной рабочей, что может привести к выходу тиристора из строя. Диод $Д_3$ шунтирует первичную обмотку катушки зажигания для импульса обратной полярности, значительно уменьшая обратное напряжение (рис. 48, *б*). В этом слу-

чае облегчается отбор тиристоров: они контролируются только по значению допустимого прямого напряжения. Методика отбора тиристоров изложена в приложении 2.

В системе желательно использовать тиристоры типа КУ202Н или КУ202К с рабочим напряжением 400 и 300 В соответственно. Эти тиристоры обеспечивают получение более мощной искры, чем обычно применяемый тиристор типа Д235. В качестве диодов $Д_1$ и $Д_3$ следует использовать кремниевые диоды типа Д217 или Д218, рассчитанные на рабочее напряжение не менее 700—800 В. В крайнем случае можно устанавливать по два последовательно соединенных диода типа Д226 с допустимым напряжением 350—400 В каждый. В качестве диода $Д_2$ можно использовать диод типа Д226 или Д7Ж. Резистор *R* (рис. 47), ограничивающий ток в цепи управления тиристора, типа МЛТ-1 с сопротивлением 270—360 Ом. Опыт показывает, что при максимальной частоте вращения вала двигателя ток в цепи управления не превышает 250—300 мА, что допустимо для тиристора типа КУ202. Конденсатор *C* типа МБГП-2 емкостью 0,5 мкФ на рабочее напряжение 500—600 В. Стабилитрон типа Д815Д.

На рис. 48 в качестве примера приведены осциллограммы э. д. с. холостого хода магнето с одним магнитом (рис. 48,*а*), напряжения U_C заряда конденсатора *C* (рис. 48, *в*) и напряжения $U_у$ в управляющей цепи тиристора (рис. 48, *б*). Масштаб осциллограмм: одно деление по вертикальной оси соответствует 220 В, а по горизонтальной — 22,5° поворота вала двигателя (или 1/16 оборота вала). Из приведенных осциллограмм видно, что момент включения тиристора и начала разряда конденсатора отстает от начала заряда емкости примерно на 60°. В обычной же системе зажигания момент искрообразования отстает от момента заряда индуктивности на 90°. По этой причине панель магнето, на которой размещен трансформатор $Тр_1$, должна быть смещена относительно ее обычного положения на 30° против часовой стрелки.

Мотор типа «Москва» имеет в отличие от «Стрелы» два цилиндра и соответственно два канала зажигания. В простейшем случае это просто две схемы электронного зажигания, приведенные на рис. 47. Конструкция такой двухканальной системы показана на рис. 49. Все детали системы для двух цилиндров двигателя монтируют на изоляционной плате *4*. Исключение составляют

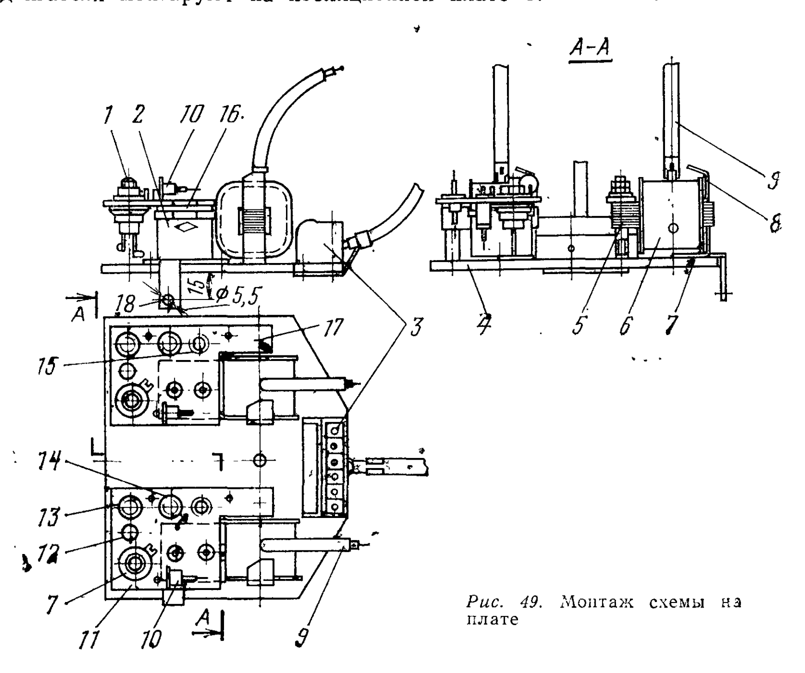


Рис. 49. Монтаж схемы на плате

лишь трансформаторы высоковольтных и управляющих импульсов, размещаемые на месте катушек зажигания на плате магнето. Катушки зажигания *6* любого типа, применяемого в лодочных моторах или мотоциклах, имеют незамкнутый шихтованный сердечник *5*, изготовленный из набора стальных пластин (сталь Э-42) толщиной 0,35 мм. При использовании стального сплошного сердечника несколько снижается высокое напряжение, снимаемое с катушки зажигания, за счет вихревых токов в сердечнике. Катушки с сердечниками крепят к плате с помощью винтов *17* и латунной скобы *7*. Верхняя латунная скоба *8*, соединенная с массой, служит разрядником. Его назначение — предохранить от пробоя катушки зажигания в тех случаях, когда свеча отсутствует или испорчена и не нагружает катушку. Тогда высоковольтный разряд происходит по цепи провод *9* — воздушный промежуток разрядника — разрядник *8* — масса мотора.

Конденсаторы *2* крепятся к плате *4* винтами с пружинными шайбами. Монтажная текстолитовая плата *11* толщиной 2—3 мм использована для крепления тиристора *Т* диодов $Д_1$ (*14, 15*), $Д_2$ (*13*) и $Д_3$ (*10*), входящих в один канал системы зажигания. На плате *4* закрепляют две такие платы с элементами. Между платой *11* и соответствующим конденсатором *2* устанавливают текстолитовую прокладку *16* толщиной 3 мм. Для подвода гибких проводов от $Тр_1$ служат зажимы *3* на пять выводов.

Небольшое количество элементов в схеме и малые их габариты позволяют разместить всю систему зажигания, за исключением катушек зажигания, непосредственно на панели магнето *1*. Эскиз такого размещения показан на рис. 50.

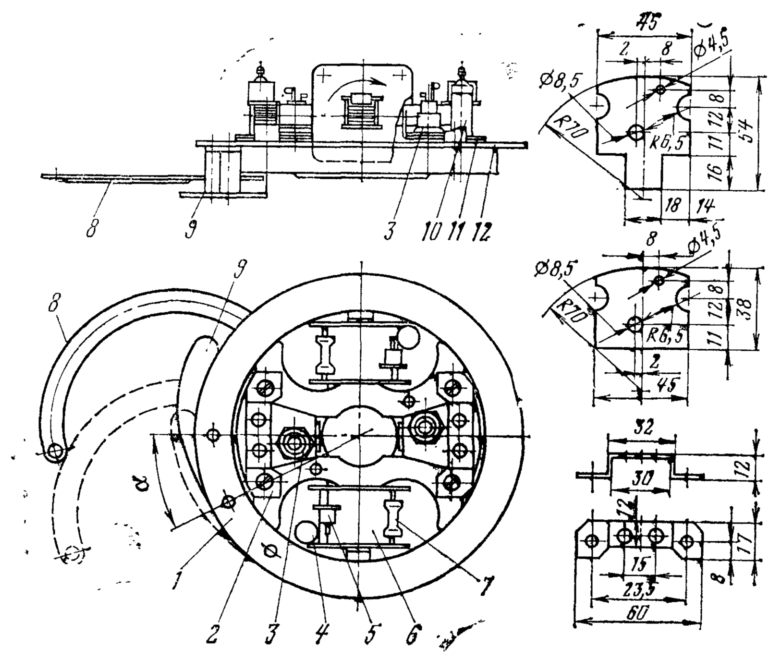


Рис. 50. **Размещение системы зажигания на панели магнето**

Диоды *5* и резисторы *7* монтируют на щечках каркаса трансформатора $Тр_1$ (*6*). Тиристор *3* устанавливают на радиаторе из медной пластинки *12* толщиной 2 мм. Для уменьшения нагрева тиристора от работающего мотора и для изоляции его анода от массы мотора (анод тиристора соединен с его корпусом и гайкой крепления для лучшего теплоотвода) радиатор изолируется от панели магнето текстолитовой прокладкой *11*. При установке тиристоров на панели, посадочные места толкателей и прерывателей электромеханической системы зажигания спиливают напильником или фрезой. В системе использованы кон-

денсаторы (*10*) типа МБГО-500 или МБГО-600, фиксируемые металлическими скобами *2*.

Как уже отмечалось выше, при использовании магнето с одним магнитом (на моторах «Стрела», «Москва») необходимо скорректировать момент начала зажигания примерно на 30°. На рис. 50 показано, как это выполняется. Для сдвига лекало *9*, воздействующее на дроссельную заслонку, и рычаг управления *8* смещаются на угол α, примерно равный углу между осями крепежных винтов на основании магнето. Новое положение лекала и рычага показаны на рисунке штрих-пунктирной линией. Следует иметь в виду, что на моторе «Ветерок-12» панель магнето должна быть смещена на 15° по часовой стрелке.

Если при вращении маховика полюса магнита пересекают сердечник трансформатора в направлении N—S, то обмотки трансформатора $Тр_1$ должны быть намотаны по часовой стрелке, если смотреть со стороны внешнего торца сердечника, как это показано стрелкой на рисунке. При обратной последовательности прохождения полюсов магнита направление обмотки должно быть противоположным. Направление обмотки $Тр_1$ изменяется путем разворота трансформатора на 180° при его установке на панели. Обмотка трансформатора наматывается в следующей последовательности: сначала наматывается внавал силовая обмотка *I*, затем управляющая обмотка *II*. Размеры каркаса трансформатора соответствуют размерам каркаса стандартной катушки зажигания.

Как упоминалось выше, катушки зажигания для двухцилиндрового мотора «Москва» устанавливают на отдельной плате. Незамкнутый шихтованный сердечник прикрепляют к плате латунными или медными скобами толщиной 2—2,5 мм. Между катушкой и скобами устанавливают текстолитовую прокладку. К плате крепят латунную или медную пластину, соединенную с массой. Два отогнутых лепестка пластины служат разрядником. Разрядный промежуток между лепестком и выводом катушки зажигания должен составлять 8—12 мм. Для повышения надежности в условиях высокой влажности каждая катушка зажигания заливается эпоксидной смолой. Для замены катушки при выходе ее из строя нужно отогнуть скобы. Плату с катушками зажигания при размещении элементов системы зажигания на панели магнето или плату с катушками зажигания и элементами системы зажигания устанавливают над головкой блока мотора *2* под стартером *3*, как это показано на рис. 51. В обоих случаях крепление монтажной платы *1* осуществляется шпилькой *4*, фиксирующей одновременно центральный кронштейн ручного стартера, и специальной скобой *5*, один конец которой закрепляют на плате, а другой с помощью винта крепят к блоку цилиндров.

Для двухканальной системы зажигания обмотка *II* трансформатора $Тр_1$ не выносится на отдельный сердечник, а выполняется на том же сердечнике, что и обмотка *I*.

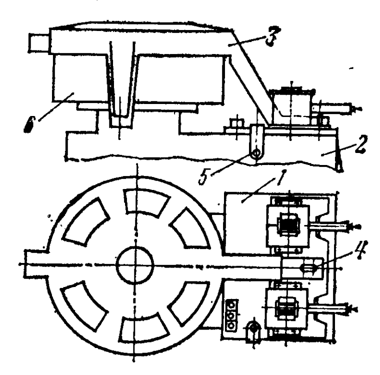


Рис. 51. Установка системы на двигателе

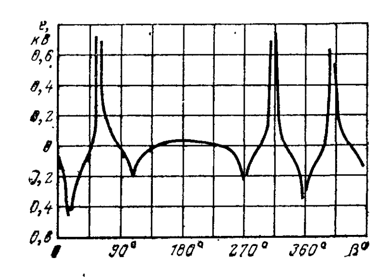


Рис. 52. Осциллограммы напряжения магнето при двух магнитах

Если в магнето установлены два магнита (как это сделано, например, в моторе «Ветерок»), в катушке образуются пять импульсов: два положительной полярности с разносом в 90° поворота маховика и три отрицательных. Осциллограмма э. д. с., возникающей в катушке при прохождении двух магнитов, приведена на рис. 52. Первый положительный импульс, имеющий наибольшую амплитуду, используется для заряда накопительного конденсатора электронной системы зажигания. Следующий за ним отрицательный импульс, сдвинутый на 45° в сторону запаздывания, является импульсом зажигания и включает тиристор, как и в предыдущих устройствах. Второй положительный импульс вместе с третьим отрицательным формирует повторную искру. Она практически не влияет на работу двигателя, так как момент зажигания полностью определяется первой парой импульсов. При достижении валом мотора частоты вращения 2700—2800 об./мин вторая искра пропадает, поскольку конденсатор не успевает зарядиться от второго положительного импульса при таких частотах.

Схема электронного зажигания для мотора «Ветерок» полностью соответствует приведенным выше схемам для мотора «Москва». Однако ее выходные параметры несколько отличны, что определяется лучшей энергетикой мотора «Ветерок». Наличие двух магнитов приводит к увеличению в 1,5 раза напряжения на накопительном конденсаторе по сравнению с одномагнитным магнето. Экспериментально полученные кривые зависимости напряжения на накопительном конденсаторе U_C от количества оборотов вала для двигателей с одним («Москва») и двумя («Ветерок») магнитами показаны на рис. 53, *а*.

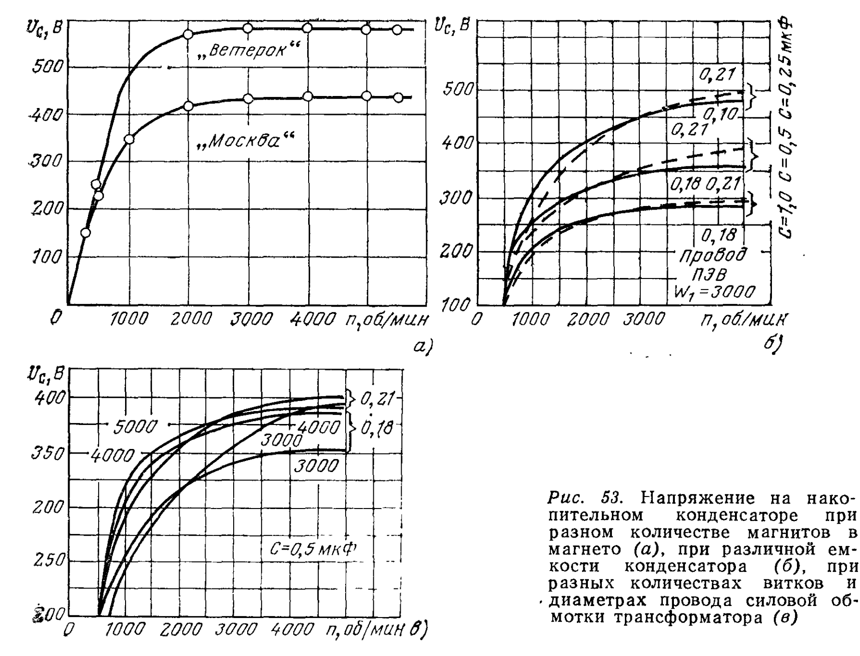


Рис. 53. Напряжение на накопительном конденсаторе при разном количестве магнитов в магнето (*а*), при различной емкости конденсатора (*б*), при разных количествах витков и диаметрах провода силовой обмотки трансформатора (*в*)

Минимальная частота вращения маховика, при которой обеспечивается зажигание смеси и устойчивая работа двигателя, составляет для магнето с одним магнитом 360 об./мин, а для магнето с двумя магнитами 270 об./мин. При частоте вращения маховика более 2000 об./мин напряжение на конденсаторе, а следовательно, и вторичное напряжение на катушке зажигания практически не зависит от числа оборотов коленчатого вала мотора. На рис. 53,*б* и *в* показаны экспериментально полученные зависимости напряжения на зарядном конденсаторе U_C от количества оборотов вала при различных значениях емкости накопительного конденсатора и при различных параметрах

обмотки *I* трансформатора (разные диаметры провода и количество витков при $C=0,5$ мкФ). Эти кривые позволяют выбрать параметры схемы.

Наиболее приемлемая по форме и максимальная по амплитуде функция заряда конденсатора получается при следующих параметрах схемы: емкость конденсатора $C=0,5$ мкФ, обмотка *I* трансформатора содержит 4500—5000 витков провода ПЭВ 0,18. При этом обмотка *II* трансформатора должна содержать 450—500 витков провода ПЭЛШО 0,15 для мотора «Москва». Для мотора «Ветерок» параметры обмоток соответственно равны: 3600—4000 витков провода ПЭВ 0,18 и 350—400 витков провода ПЭЛШО 0,15. Как видно из рис. 53, *в*, при указанных параметрах обмотки *I* для частоты вращения 500 об./мин напряжение на накопительном конденсаторе составляет 180—200 В. Измерения показали, что минимальная частота вращения, при которой обеспечивается надежное искрообразование, равна 80—100 об./мин, т. е. существенно меньше, чем без электронной системы. Такая частота обеспечивается при запуске мотора вручную легким вытягиванием пускового шнура стартера.

Как показали измерения, энергия искрообразования в описанной системе зажигания составляет 30—40 мДж (соответствует 25 000—32 000 В), что в 1,5—2 раза выше, чем в обычной электромеханической системе.

Испытания и последующая эксплуатация электронной системы зажигания показали, что она обеспечивает легкий запуск мотора, более равномерную работу двигателя, быстрый и плавный набор частоты вращения, более полное сгорание топлива. Отсутствие контактов прерывателя, высокая четкость момента искрообразования, повышенная надежность и простота эксплуатации привлекают к этой схеме внимание любителей водно-моторного спорта.

Как уже неоднократно упоминалось, энергия искры определяется количеством энергии, накопленной конденсатором электронной системы зажигания. Эта энергия пропорциональна емкости конденсатора и квадрату напряжения на нем. Следовательно, для увеличения энергии искры на свече зажигания необходимо увеличивать или емкость накопительного конденсатора, или напряжение заряда конденсатора. Используемые напряжения заряда (350—450 В) увеличивать практически нельзя, поскольку при напряжениях выше 450—500 В на вторичной обмотке катушки зажигания напряжение будет настолько велико, что может быть повреждена изоляция самой катушки. Кроме того, при чрезмерно большом зарядном напряжении возникают трудности в подборе тиристоров, выдерживающих такое напряжение, и уменьшается надежность их работы.

Исследования разных схем электронного зажигания дают основание считать оптимальной емкость накопительного конденсатора 1—2 мкФ при напряжении 350—450 В. В описанных выше системах электронного зажигания с применением тиристоров для моторов «Стрела», «Москва», «Ветерок» емкость накопительного конденсатора выбиралась не более 1 мкФ. Это объясняется невозможностью заряда конденсатора с большой емкостью до максимального зарядного напряжения при больших оборотах из-за недостаточной мощности источника напряжения заряда. Мощность источника может быть увеличена за счет более полного использования возможностей магнето.

Схема электронного зажигания для мотора «Москва-25». Ниже рассмотрена схема электронного зажигания мотора «Москва-25» [19]. Магнето этого мотора имеет один магнит (двойной) что предопределяет возникновение на катушке трансформатора $Тр_1$ трех импульсов напряжения в полном соответствии с осциллограммой на рис. 48. Увеличение мощности источника зарядного напряжения может быть получено за счет дополнительного использования энергии двух отрицательных импульсов. Для этого в разработанной специально для мотора «Москва-25» системе электронного зажигания (рис. 54) зарядное напряжение выпрямляется двухполупериодным выпрямителем, а зарядные катушки и катушки датчиков импульсов зажигания выполнены раздельно и разнесены. Эти катушки обозначены соответственно $Тр'_1$ и $Тр'_2$ для одного канала в $Тр''_1$ и $Тр''_2$ для другого. Схема размещения катушек на основании *1* магнето приведена на рис. 55. При таком размещении катушек все три импульса используются для заряда накопительного конденсатора через двухполупериодный выпрямитель. Включение тиристора катушкой $Тр_2$ производится со

значительной временной задержкой и не мешает процессу заряда конденсатора. Импульсы напряжения на зарядной катушке 3 достигают 400 В и более.

При последующем прохождении магнита, закрепленного на маховике 2, около сердечника катушки датчика 4 на ней возникают импульсы напряже-

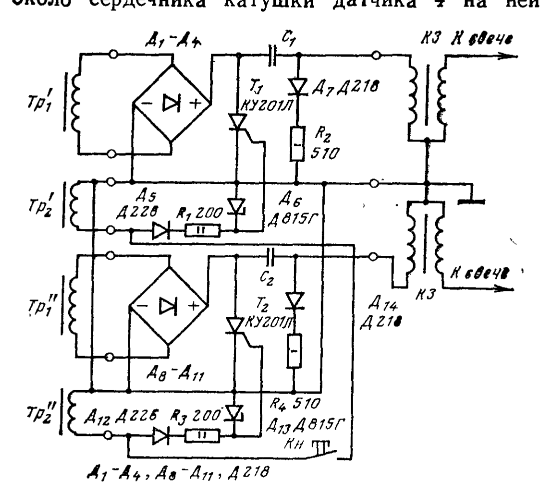


Рис. 54. Схема электронного бесконтактного зажигания для мотора «Москва-25»

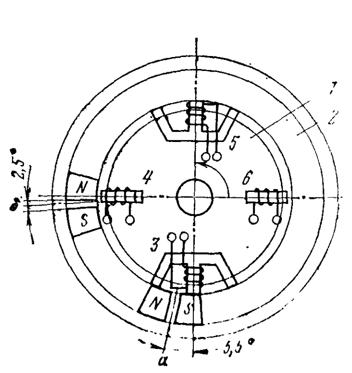


Рис. 55. Размещение катушек на основании магнето:
1 — основание магнето; 2 — маховик; 3, 4 — зарядная и управляющая катушка верхнего цилиндра; 5, 6 — зарядная и управляющая катушка нижнего цилиндра

ния амплитудой несколько десятков вольт. Положительный импульс (при соответствующем направлении обмотки) с катушки датчика, имеющий самую большую амплитуду, используется для управления тиристором и подается через диод $Д_5$ (см. рис. 54) и ограничивающий резистор R_1 на его управляющий электрод. В результате открывания тиристора накопительный конденсатор C_1 разряжается через него и первичную обмотку катушки зажигания *КЗ*. На вторичной обмотке *КЗ* наводится импульс высокого напряжения, используемый для образования искры.

При увеличении оборотов маховика амплитуда импульса на катушке $Тр_2$ возрастает. Для ограничения роста импульса и недопущения превышения предельно допустимого для тиристора T_1 напряжения в цепи управления тиристором включен стабилитрон $Д_6$. Стабилитрон $Д_6$ и диод $Д_5$ предотвращают прохождение на управляющий электрод тиристора импульсов отрицательной полярности. Схемы зажигания для обоих каналов идентичны. Демпфирующая цепь $Д_7R_2$ гасит затухающие колебания в первичной обмотке катушки зажигания, возникающие вслед за импульсом зажигания (колебательный процесс перезаряда конденсатора C_1).

Анализ работы штатной электромеханической системы зажигания мотора «Москва-25» показал, что контакты прерывателя размыкаются при положении магнита маховика относительно оси сердечника зарядной катушки 3 (относительно максимального значения зарядного импульса) с задержкой в 5,5°, как это показано на рис. 55. Установлено также, что включение тиристора происходит с задержкой около 2,5°.

Таким образом, задержка начала разряда конденсатора на первичную обмотку катушки зажигания составляет примерно 8° относительно момента достижения зарядным импульсом максимального значения. Отсюда следует, что при разносе катушек 3 и 4 на 90° правильная фазировка момента зажигания обеспечивается при развороте основания магнето против направления вращения маховика на 82°. Такое смещение основания магнето выполняется следую-

щим образом. Из кулачка, к которому четырьмя винтами М5 крепят основание магнето, аккуратно выпрессовывают четыре резьбовые втулки М5 и для них сверлят иовые отверстия, смещенные против часовой стрелки на 82°. Для установки зарядных и управляющих катушек с основания магнето снимают все лишние элементы: конденсаторы, прерыватели, фильц для смазки, а с сердечников трансформаторов штатной системы зажигания катушки. На сердечники, остающиеся на своих местах, надевают новые катушки, содержащие 4750 витков, провода ПЭВ-2 0,18—0,2. Катушки датчиков (управляющие) имеют обмотки по 700 витков того же провода. Намотка рядовая, без прокладок между рядами. Следует обратить внимание на то, чтобы крайние витки не касались витков предыдущих слоев намотки. Сердечники управляющих катушек (датчиков) изготавливают из мягкой стали марок 10 или 20 и устанавливают смещенными на 90° относительно зарядных катушек.

Для обеспечения прочности и влагостойкости, все катушки покрывают эпоксидным компаундом любой марки. Примерный состав эпоксидного компаунда для катушек приведен в приложении I.

Размеры каркасов катушек и сердечника управляющей катушки, а также эскиз установки датчика на основании магнето приведены на рис. 56. Если после сборки окажется, что ось резинового ролика тяги дроссельной заслонки карбюратора на начальном участке поворота основания магнето будет задевать за него, то ось ролика придется несколько укоротить.

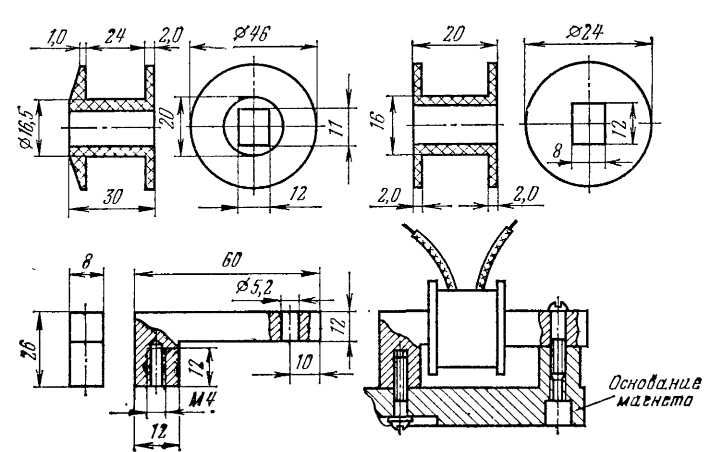


Рис. 56. **Детали системы зажигания:**
1 — каркас зарядной катушки; *2* — каркас управляющей катушки; *3* — сердечник управляющей катушки; *4* — установка управляющей катушки на основании магнето

В качестве катушек зажигания применены катушки типа ИК-56. Их устанавливают сбоку от мотора со стороны глушителя. В приборе должны применяться тиристоры с напряжением включения не менее 450 В. Отбор и проверка тиристоров выполняют в соответствии с методикой, описанной в приложении 2.

После монтажа и сборки необходимо убедиться в правильности включения выводов управляющих катушек датчиков. Для этого к управляющему электроду тиристора и корпусу двигателя подключают вольтметр постоянного тока со шкалой 1—3 В или микроамперметр на 300—1000 мкА. Плюсовой вывод прибора должен быть соединен с управляющим электродом тиристора. Затем медленно рукой проворачивают маховик. За одни оборот коленчатого вала стрелка измерительного прибора должна отклониться вправо только один раз. Если она отклоняется два раза подряд, значит через диод $Д_{12}$ проходят два отрицательных импульса, что свидетельствует о неправильном направлении включения катушки. В этом случае выводы катушки следует поменять места-

ми. Так же проверяют правильность включения второй управляющей катушки. На этом настройку прибора заканчивают.

Электронный блок в корпусе подходящего размера устанавливается или на двигателе под капотом (что менее желательно из-за опасности перегрева), или в непосредственной близости от мотора. Схема подключается к катушкам, расположенным на основании магнето, с помощью кабеля, имеющего не менее 9 проводов длиной не более 2 м.

На маховиках моторов «Москва-25» и «Москва-25А» из четырех пар магнитов намагничена только одна (один магнит, два полюса), расположенная первой от шпоночного паза в направлении против часовой стрелки, если смотреть на маховик сверху. Поэтому что-либо изменять в маховике этих моторов при установке электронной системы зажигания нет необходимости. Применять эту схему электронного зажигания на моторе «Москва-25АЭ», имеющем электростартер, нельзя. Это объясняется тем, что в моторе с электростартером все четыре пары магнитов намагничены. При замене этого маховика на маховик с одной парой намагниченных магнитов снимаемая с генератора мощность будет недостаточна для подзарядки аккумулятора. Следует заметить, что при использовании мотора с электростартером отпадает одна из главных причин, заставляющих использовать электронные системы зажигания: трудность запуска мотора ручным стартером из-за малой частоты вращения маховика магнето при ручном запуске. Электростартер обычно развивает частоту вращения, обеспечивающую уверенный запуск двигателя.

При электронном зажигании, отличающемся мощной искрой, лучше всего применять свечи типа А7, 5ус или СИ-12. Зазор в свече может быть увеличен до 1 мм, что обеспечивает лучшие условия воспламенения горючей смеси.

Эксплуатация мотора «Москва-25» с описанной системой электронного зажигания дала хорошие результаты. Двигатель в любых условиях запускался с первой попытки. На малых оборотах он работал очень устойчиво. Значительно увеличился срок службы свечей, уменьшилось нагарообразование на головке блока цилиндров и поршней. Отпала необходимость очищать свечи от масла или нагара, периодически регулировать зазор контактов прерывателя и зачищать их.

Описанное устройство может быть применено на любом моторе с одним магнитом, но для каждого типа мотора необходимо подгонять конструкцию сердечника датчика и изменять число витков катушек.

Электронное зажигание для мотора «Вихрь». При работе магнето мотора «Вихрь» в катушке индуцируются два разнополярных импульса амплитудой до 500 В, форма которых показана на осциллограмме, приведенной на рис. 57, *а* [15]. Отличие формы возникающей э. д. с. от описанных выше для моторов

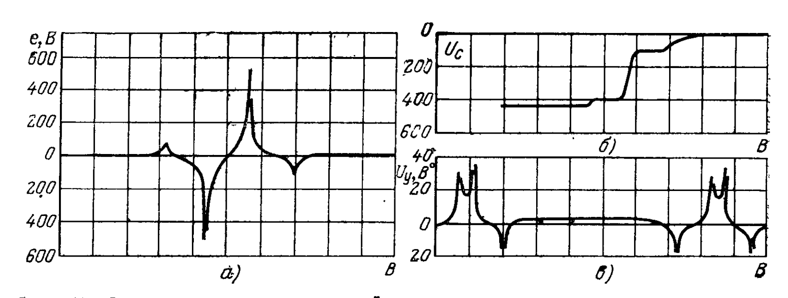


Рис. 57. Осциллограммы напряжений магнето при двухкерновом сердечнике катушки

«Москва» и др. объясняется другой конструкцией сердечника трансформатора. Магнето мотора «Вихрь» имеет два или три магнита. Для полного использования энергетического потенциала магнето в системе электронного зажигания необходимо использовать решения, описанные выше применительно к мотору «Москва-25». Из рис. 58 видно, что в системе электронного зажигания здесь

использовано двухполупериодное выпрямление, позволяющее реализовать для заряда конденсатора энергию обоих разнополярных импульсов (и двух малых импульсов, видных на осциллограмме рис. 57,*а*). Катушки $Тр_1$ (зарядная) и $Тр_2$ (датчика) разнесены, что обеспечивает запас времени для полного заряда конденсатора, а также надлежащий момент генерации импульса зажигания.

В двух идентичных каналах, выполненных по схеме на рис. 58, использованы следующие элементы: диоды $Д_1$—$Д_5$ типа Д226; стабилитрон $Д_7$ типа Д-815А, диод $Д_6$ типа КД-202Р, имеющий прямой ток 1 А и максимальную амплитуду обратного напряжения 600 В; резистор R_1 типа МЛТ-2 сопротивлением 300 Ом; катушка зажигания *КЗ* типа ИЖ-56сб-39, используемая на моторе «Вихрь»; тиристоры типа КУ201К, КУ202К.

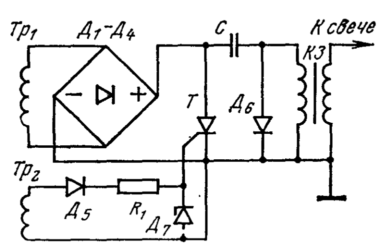


Рис. 58. Схема электронного зажигания для «Вихря»

Обмотка трансформатора $Тр_1$ содержит 3000—4000 витков провода ПЭВ 0,16 трансформатора $Тр_2$ — 1000 витков провода ПЭЛШО 0,16. Обмотки обоих трансформаторов рядные. Емкость накопительного конденсатора 0,5 мкФ рассчитана на рабочее напряжение 500—600 В. В отличие от системы электронного зажигания для мотора «Москва-25», здесь нельзя применить конденсатор большей емкости, несмотря на двухполупериодный выпрямитель, так как энергия двух зарядных импульсов недостаточна.

На рис. 57,*б* показана форма напряжения на конденсаторе. Из этой осциллограммы видно, что основной вклад вносят два больших импульса. На рис. 57,*в* показана форма управляющих импульсов зажигания. Для управления тиристором используют положительный импульс, имеющий достаточно большую амплитуду. Седлообразная форма этого импульса не сказывается на запуске тиристора, потому что он открывается в начальной части фронта импульса. Импульсы отрицательной полярности срезаются диодом $Д_5$.

Трансформатор $Тр_1$ имеет С-образный магнитопровод, применяемый в штатной системе мотора «Вихрь». Сердечник можно изготовить самому из листовой стали Э-330 толщиной 0,35—0,5 мм. Катушку $Тр_2$ наматывают на изоляционный каркас и размещают на сердечнике сплошного сечения из обычной стали. Расположение и размеры магнитопровода и катушки трансформатора $Тр_2$ показаны на рис. 59.

Катушки $Тр_1$ (2 шт.) и $Тр_2$ (2 шт.) устанавливают на основание, состоящее из двух частей (рис. 60): плоской дюралюминиевой панели *1* толщиной 4,8 мм и стальной втулки *2* (см. рис. 59), прикрепленной к панели тремя заклепками диаметром 4 мм. Катушка $Тр_1$ каждого цилиндра должна располагаться под углом 90—105° относительно катушки $Тр_2$ датчика. Для согласования момента искрообразования и положения поршня угол между точкой *К* тяги и осью сердечника $Тр_2$ для верхнего цилиндра должен составлять (87±1)°. Направление намотки катушки $Тр_1$ не влияет на работу системы. Обмотку катушки $Тр_2$ наматывают по часовой стрелке (если смотреть со стороны коленчатого вала). Начала и концы обмоток выводят на монтажную текстолитовую плату, на которой монтируют все остальные элементы схемы, за исключением катушек зажигания.

Размер монтажной платы 115×125 мм, толщина 5—6 мм. Для установки диодов использованы монтажные лепестки. Тиристоры крепят на дюралюминиевых уголках 15×15 мм. Диоды $Д_6$ устанавливают непосредственно на панели. После испытаний системы монтажная плата с элементами, а также катушки заливают эпоксидным компаундом для предохранения от повышенной влажности. Панель с помощью винтов и скобок крепят к мотору с левой стороны катушек зажигания около выходного коллектора.

Для исключения искрообразования при положении поршня в нижней мертвой точке нужно снять два магнитных полюса с маховика со стороны шпоночной канавки и отжечь их при температуре не ниже 800° С. Затем их вновь помещают на свои места на маховике, чтобы избежать его разбалансировки. Если маховик имеет три пары полюсов, то нужно отжечь две, оставив рабо

чими полюса, расположенные на противоположной стороне шпоночной канавки.

Универсальная система зажигания для моторов «Вихрь», «Вихрь-М», «Вихрь-30». Принципиальная электрическая схема этой системы мало отличается от описанных выше. Однако она привлекает тем, что конструктивное выполнение элементов и некоторые особенности схемы позволяют устанавливать ее с минимальными переделками штатных деталей системы зажигания

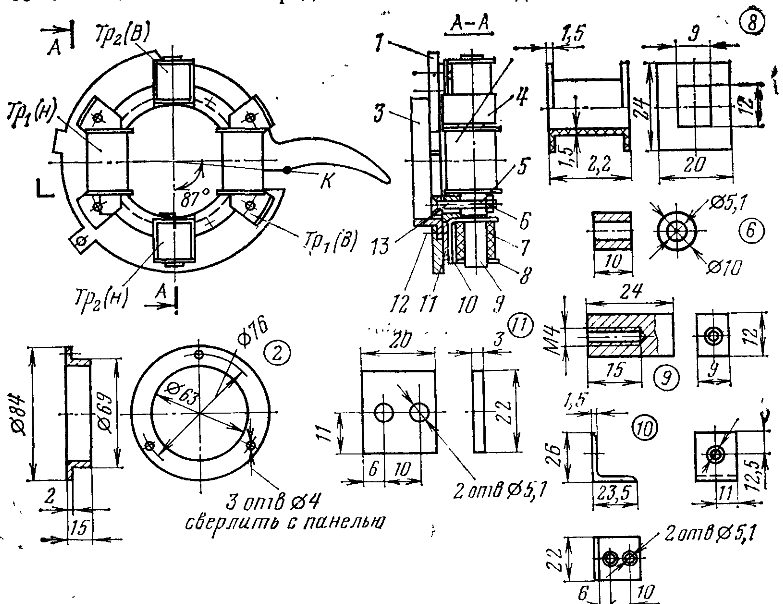


Рис. 59. Размещение схемы на панели магнето и детали:
1 — панель магнето; *2*, *6* — втулки; *3* — катушка $Тр_1$; *4* — сердечник зарядной катушки; *5* — винт крепления катушки; *7* — управляющая катушка; *8* — каркас управляющей катушки; *9* — сердечник управляющей катушки; *10* — уголок крепления; *11* — прокладка; *12* — винты крепления; *13* — винт крепления сердечника

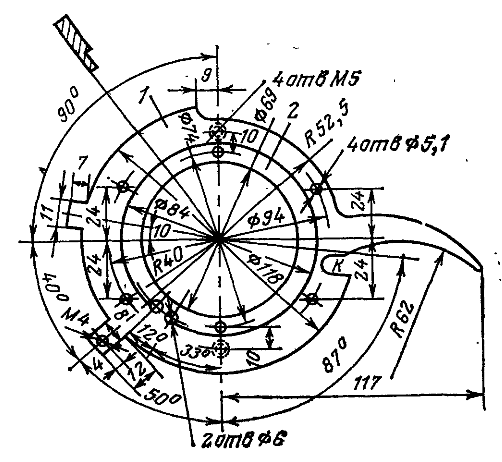


Рис. 60. Основание магнето

моторов. Применяется основание магнето МГ-101, не нужно размагничивать магниты маховика. На основании магнето остаются прерыватели и штатная катушка, что позволяет в случае неисправности электронной системы простым переключением цепей перейти на электромеханическую систему зажигания [34].

Электронная система зажигания предназначена для работы как на моторе «Вихрь» с магнето МГ-101, имеющем четыре магнита с разным шагом, так и на моторах типа «Вихрь-М» и «Вихрь-30» с магдино МВ-1, магниты в котором установлены с шагом 90°. Система применима также для моторов ранних выпусков, имеющих по шесть магнитов на маховике. В таких моторах необходимо удалить два магнита.

Из-за того, что магнитные системы магнето и магдино отличаются, приводятся две схемы: на рис. 61 двухканальная схема, предназначенная для работы с магнето МГ-101, а на рис. 62 одноканальная, предназначенная для работы с магдино МВ-1.

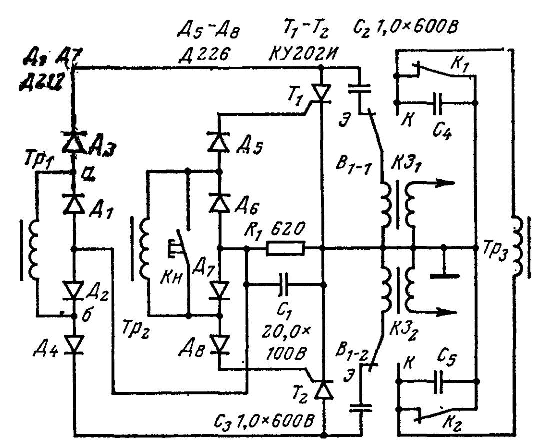


Рис. 61. Двухканальная универсальная система электронного зажигания для моторов серии «Вихрь»

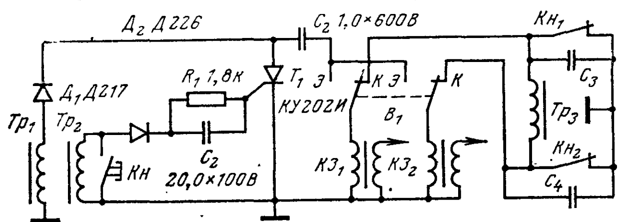


Рис. 62. Одноканальная универсальная система электронного зажигания для моторов серии «Вихрь»

В схеме двухканальной системы, в отличие от описанных ранее систем, применена одна зарядная катушка $Тр_1$ и один датчик импульсов зажигания — катушка $Тр_2$. В качестве катушек зажигания использованы серийные катушки, которыми комплектуется мотор. Выходное напряжение этих катушек при всех режимах работы мотора достигает 20 кВ.

Двухканальная схема работает следующим образом. При вращении маховика в зарядной катушке $Тр_1$ индуцируется импульсный ток, который через диоды $Д_1$—$Д_4$ поочередно (импульсами разной полярности) заряжает конденсаторы C_2 и C_3. Поступающие от датчика $Тр_2$ импульсы управления через диоды $Д_5$—$Д_8$ поочередно открывают тиристоры T_1 или T_2 каналов зажигания. Конденсаторы C_2 и C_3 разряжаются через соответствующий открытый тиристор и

через первичную обмотку катушки зажигания в своем канале. На вторичной обмотке *КЗ* возникает высокое напряжение, подводимое к свече соответствующего цилиндра.

Одноканальная схема электронного зажигания для моторов, оборудованных магдино МВ-1 (рис. 62), работает точно так же, но катушки зажигания обоих каналов здесь включены параллельно (первичными обмотками). Каждое срабатывание датчика импульсов зажигания приводит к одновременному возникновению искры в обеих свечах, но это не сказывается на работе мотора отрицательно, так как в одном из двух цилиндров, в котором завершается такт сжатия горючей смеси, возникновение искры является необходимым условием работы, а в другом — в это время идет процесс продувки продуктов сгорания смеси и воспламенение смеси произойти не может.

Обе схемы включены таким образом, что в случае отказа электронной системы зажигания можно быстро перейти на электромеханическую. Для этого на нем сохранены все элементы стандартной системы зажигания. Для перехода на нее достаточно переключить первичные обмотки катушек зажигания с зажима *Э* на *К* (электронное и контактное соответственно) тумблером B_1 и вынуть изоляционные прокладки, вставляемые между контактами прерывателя при работе электронной системы. Эти прокладки должны иметь достаточную толщину, чтобы предотвратить износ текстолитовых подушечек толкателей прерывателя при работе электронного зажигания, когда контакты не используются.

Основной элемент синхронизации зажигания (магнитоэлектрический датчик импульсов зажигания) крепят к основанию магнето таким образом, что он оказывается расположенным не внутри маховика, а снаружи, под ободом маховика. Это позволило сохранить без изменений детали заводского магнето. Сердечник датчика (рис. 63) собирают из Г-образных пластин трансформаторной стали. Толщина набора 3,5 мм. Обмотку датчика наматывают на каркас *3*. Можно применить каркас от выходного или переходного трансформатора радиоприемника «Спорт-2». Катушка содержит 3500—4000 витков провода ПЭВ-1 0,09.

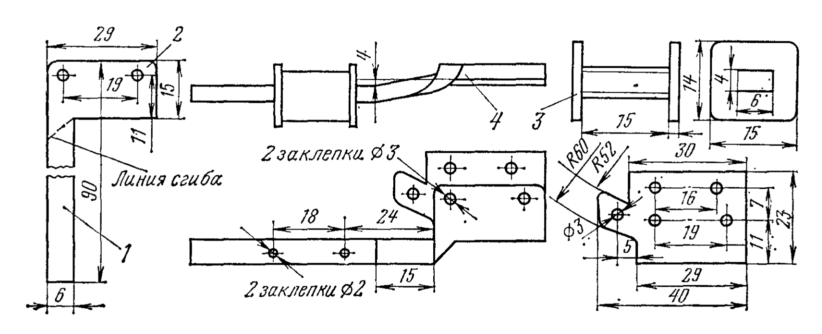


Рис. 63. **Датчик управляющих импульсов**

Для изготовления датчика *4* нужно вырезать семь заготовок сердечника из листа толщиной 0,5 мм и приклепать набранный сердечник *1* к крепежной пластине *2*. Затем заготовку сердечника выгибают по указанной на чертеже линии сгиба сначала на 90°, а затем до требуемого по чертежу размера. Для увеличения жесткости пластины магнитопровод соединяют двумя заклепками диаметром 2 мм. Окончательно подогнанный по размерам сердечник устанавливают на основании магнето, на него надевают и предварительно закрепляют катушку датчика импульсов. Основание магнето монтируют на двигатель, ручку румпеля поворачивают в положение «полный газ» и катушку датчика после этого окончательно закрепляют на расстоянии 2—3 мм от опоры стартера.

Зарядную катушку $Тр_1$ устанавливают на основании магнето на место конденсаторов штатной системы зажигания. Конденсаторы выносят на кронштейн катушек зажигания. Сердечник зарядной катушки можно изготовить из трансформаторной стали толщиной 0,5 мм. Толщина набора 13 мм. Эскиз каркаса *2*

и сердечника *1* зарядной катушки приведен на рис. 64, *а*. Можно также использовать готовый сердечник катушки магнето. Обмотка катушки содержит 4000 витков провода ПЭВ-2 0,17.

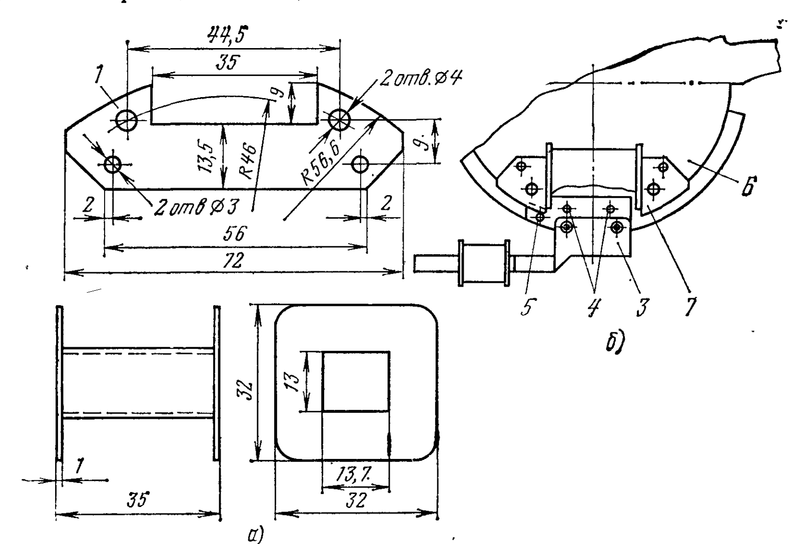


Рис. 64. Детали зарядной катушки *(а)* и эскиз установки системы на основании магнето *(б)*

Можно использовать и генераторную катушку двигателя. Для повышения переменного напряжения используют дополнительный повышающий трансформатор, например ТВК-70 от телевизора старого выпуска. Можно сделать трансформатор самому. Сердечник трансформатора имеет сечение 4—6 см², первичная обмотка состоит из 200 витков провода ПЭВ-1 0,6, вторичная — из 4000 витков провода ПЭЛШО 0,15—ПЭЛШО 0,18. Трансформатор вместо катушки Tp_1 подключают к точкам *а* и *б* схемы, приведенной на рис. 61.

Электронный блок собирают на отдельной плате и устанавливают на поддоне мотора. Для увеличения чувствительности устройства желательно подобрать тиристоры с возможно меньшим током управления (3—4 мА) и рабочим напряжением не менее 400 В. На рис. 64, *б* показан эскиз крепления зарядной катушки *7* и датчика импульсов зажигания *3* на основании магнето *6*. При сборке под винты *4* следует положить шайбы толщиной 1 мм, под винт *5* — толщиной 2,5—2,8 мм.

При условии правильной сборки и использования исправных деталей никакой наладки не требуется. Незначительную корректировку осуществляют резистором R_1. Первоначально сопротивление резистора устанавливают равным 600—620 Ом. Если на больших оборотах двигатель работает без перебоев, дальнейшая регулировка не нужна. Частоту вращения вала следует увеличивать плавно, чтобы проверить его работу во всем диапазоне нагрузок. Если наблюдаются перебои, то сопротивление резистора следует плавно увеличить до 650—700 Ом.

Эксплуатация описанной системы электронного зажигания показала, что она надежна и обеспечивает ожидаемое улучшение характеристик мотора.

Дальнейшее улучшение электронной системы зажигания заключается в увеличении точности и стабильности генерирования управляющих импульсов. На приведенных ранее осциллограммах импульса датчика моментов зажигания видно, что фронт импульса имеет небольшую крутизну, что особенно характерно для малых оборотов вала. Поэтому момент открывания тиристора может иметь значительный разброс, связанный с внешними условиями, особенно с изменением температуры тиристоров. Нестабильность моментов зажигания приводит к некоторому недоиспользованию мощности двигателя.

На рис. 65 приведена схема бесконтактной электронной системы зажигания, отличающаяся высокой стабильностью моментов зажигания [18]. В этой системе между магнитоэлектрическим датчиком управляющих импульсов и управляющим электродом тиристора введен формирователь импульсов.

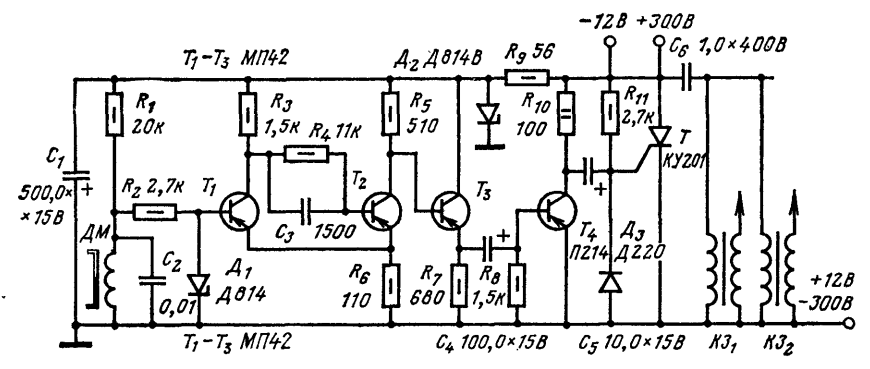


Рис. 65. Высокостабильная бесконтактная электронная система зажигания

Магнитоэлектрический датчик управляющих импульсов устанавливают с наружной стороны маховика. Это позволяет использовать полностью штатную электромеханическую систему зажигания при неисправностях электронной системы. При работе электронной системы зажигания катушки обычной системы используются как генератор зарядного напряжения аккумулятора.

Управляющие импульсы зажигания вырабатываются датчиком при замыка-
в процессе эксплуатации. Момент зажигания в каждом цилиндре может быть
нии магнитной цепи датчика планками из магнитомягкого материала, установленными на ободе маховика и вращающимися вместе с ними. Вследствие того, что замыкающая магнитный путь планка установлена на некотором расстоянии от торца сердечника датчика, первоначальная регулировка зазора между ними сохраняется в течение всего времени эксплуатации мотора, и не требует ухода
установлен с большей точностью, чем в других описанных системах (точно через 180° поворота вала мотора).

В систему зажигания входит магнитоэлектрический датчик *ДМ*, формирователь управляющих импульсов на несимметричном триггере (транзистор T_1, T_2), эмиттерный повторитель на транзисторе T_3, выполняющий согласование выходного сопротивления триггера с входным сопротивлением электронного ключа на транзисторе T_4, генератор импульсов зажигания на тиристоре *Т* и катушки зажигания двух цилиндров мотора $КЗ_1$ и $КЗ_2$. На схеме не показан преобразователь напряжения, вырабатывающий высокое напряжение для заряда накопительного конденсатора C_6. Схема этого преобразователя неоднократно описывалась ранее и может быть взята из любой предыдущей системы зажигания, предназначенной для мотора типа «Вихрь».

Несимметричный триггер имеет два состояния: устойчивое при отсутствии импульса с датчика и неустойчивое после воздействия импульса датчика. Включенный в базовую цепь транзистора T_1 стабилитрон $Д_1$ шунтирует вход триггера при поступлении с датчика положительных импульсов, предотвращая срабатывание триггера. При отсутствии на датчике импульсов транзистор T_1 закрыт, так как его база через низкоомную обмотку датчика соединена с общим проводом. Транзистор T_2 в этом случае открыт. Триггер находится в устойчивом состоянии, из которого его может вывести лишь воздействие отрицательного импульса на базу транзистора T_1. Транзисторы T_3 и T_4 при устойчивом состоянии триггера практически закрыты и управляющий электрод тиристора находится под отрицательным смещением (0,6—0,7) В, создаваемым током через резистор R_{11} и диод $Д_3$.

При прохождении замыкающей магнитную цепь датчика планки мимо сердечника *ДМ* в его катушке индуцируются два импульса: положительной и отрицательной полярности. Порядок их чередования определяется направлением

обмотки катушки датчика. Положительный импульс, как уже упоминалось, шунтируется стабилитроном $Д_1$.

Отрицательный импульс переводит триггер в неустойчивое состояние, открывая транзистор T_1. В результате положительной обратной связи через резистор R_6 происходит ускоренное закрывание транзистора T_2 и напряжение в его коллекторной цепи становится близким к отрицательному напряжению источника питания. Отрицательный перепад напряжения проходит через эмиттерный повторитель и открывает ключевой транзистор T_4. Заряженная до отрицательного напряжения источника питания левая (по схеме) обкладка конденсатора C_5 соединяется через открытый транзистор T_4 с положительной общей шиной схемы. К диоду $Д_3$ прикладывается большое закрывающее напряжение, он закрывается и положительный потенциал правой по схеме обкладки конденсатора C_5 оказывается приложенным к управляющему электроду тиристора T. Тиристор открывается и накопительный конденсатор C_6, заряженный предварительно до напряжения 300—400 В, получаемого от преобразователя напряжения, разряжается через первичную обмотку катушки зажигания *КЗ*.

После разряда времязадающего конденсатора C_3 триггера транзистор T_2 открывается, транзистор T_1 закрывается и триггер переходит в устойчивое состояние, ожидая следующего импульса с датчика.

При работе мотора на больших оборотах напряжение с датчика увеличивается и может достигнуть опасного для транзистора T_1 значения. Резистор R_2 и стабилитрон $Д_1$ на входе формирователя импульсов образуют цепь ограничения амплитуды импульса. Если напряжение импульса с датчика превышает напряжение стабилизации диода $Д_1$, цепь работает в обычном режиме стабилизации напряжения и амплитуда импульса на диоде $Д_1$ и на базе транзистора T_1 не превышает напряжения стабилизации диода при любых амплитудах импульса датчика в пределах рабочего диапазона ограничителя.

Конденсатор C_2, шунтирующий обмотку магнитоэлектрического датчика, сглаживает случайные скачки напряжения на входе триггера, обеспечивая его помехозащиту. Стабилитрон $Д_2$ и балластный резистор R_9 стабилизируют напряжение питания триггера и эмиттерного повторителя на уровне 9,5—10 В, что также способствует повышению стабильности момента зажигания. Основным фактором повышения стабильности момента зажигания служит резкое увеличение крутизны фронта управляющего импульса за счет формирователя.

Амплитуда импульсов датчика регулируется зазором между сердечником датчика и планкой. Зазор должен обеспечивать надежный запуск двигателя на минимальных оборотах, т. е. при легком рывке ручного стартера.

В описываемой системе применено одноканальное зажигание, при котором импульс зажигания подается одновременно на оба цилиндра. Принцип его использования описан выше. Применение одноканального зажигания значительно упрощает схему зажигания.

Генератор импульсов зажигания на тиристоре и формирователь управляющих импульсов собраны в одном блоке на двух печатных платах, соединенных алюминиевыми стойками высотой 35 мм. Тиристор должен быть установлен на теплоотводящей пластине из латуни или меди. Блок электронного управления устанавливают на кронштейне крепления катушек зажигания.

В качестве магнитоэлектрического датчика использована катушка от реле типа РСМ (паспорт Ю.171.81.20 или последующие паспорта). Она содержит 5000 витков провода ПЭЛ 0,06 и имеет сопротивление постоянному току 750 Ом. Магнитный сердечник датчика собран из магнитов, применяемых в микроэлектродвигателях для детских игрушек. Катушку *8* прикрепляют к верхней планке *6* (рис. 66) винтом с потайной головкой. Два магнита *5* устанавливают одноименными полюсами в одну сторону между верхней *6* и нижней *3* планками, которые стягивают винтами между латунными стойками *4*. Винты должны быть короткими, чтобы они не касались один другого и не замыкали магнитный поток датчика. На верхней части датчика устанавливают гетинаксовую плату *7*, к которой крепят контакты для подпайки выводов катушки и проводов, соединяющих датчик с системой электронного зажигания.

Датчик укрепляют на пластине *2*, прикрепляемой к основанию магнето *1* с наружной стороны маховика *10*. Место крепления планки расположено между выступом основания магнето для крепления левого конденсатора и выступом,

на котором расположен левый контакт прерывателя. Более точно датчик устанавливают на планке следующим образом. Ручку газа поворачивают в положение «полный газ», которому соответствует максимальное опережение зажигания. Поршень верхнего цилиндра останавливается в 7 мм от верхней мертвой точки (ВМТ). Датчик при этом должен встать против второго (по ходу дви-

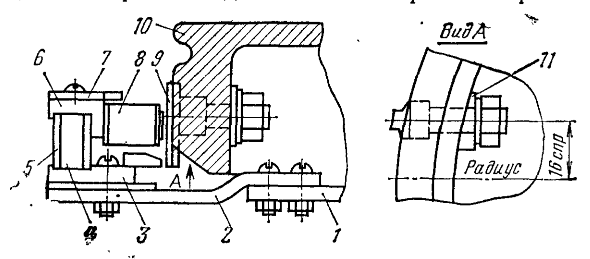


Рис. 66. Крепление магнитного датчика и замыкателя

жения маховика) свободного отверстия для крепления башмаков магнитов в маховике. В это отверстие вставляется замыкатель *9*. Второй замыкатель (для нижнего цилиндра) вставляется в свободное отверстие маховика, сдвинутое на 180° относительно первого отверстия.

Оси отверстий в маховике параллельны диаметру и расположены на расстоянии 16 мм от него, поэтому необходимо профрезеровать на маховике торцевой фрезой плоскость, а после установки в отверстия маховика замыкателей с фасонными шайбами *11* прошлифовать их на круглошлифовальном станке. Детали датчика и замыкателя приведены на рис. 67.

Двенадцативольтовый аккумулятор системы электроснабжения катера, являющийся первичным источником питания и для электронной системы зажигания, заряжается во время работы мотора от катушек магнето через выпрямительный мост на диодах Д242. Для обеспечения достаточного зарядного тока на основание магнето устанавливается вторая катушка. При зарядке аккумуляторов она соединяется последовательно с катушкой. При отключении электронного зажигания дополнительная катушка также выключается из системы зажигания заводского изготовления.

В случае неисправности электронной системы зажигания путем несложных переключений цепей можно перейти на стандартную электромеханическую систему зажигания. Для этого на двигателе оставлены все элементы такой системы. Как упоминалось выше, конденсаторы вынесены из-под маховика. Контакты прерывателей при работе электронной системы зажигания размыкаются и изолируются один от другого прокладкой из изоляционного материала (например, текстолита). Это позволяет также избежать износа толкателей прерывателей во время работы от электронной системы.

Для перехода с электронной системы зажигания на электромеханическую систему заводского изготовления необходимо отключить электронную систему зажигания. Для удобства отключения платы электронной системы могут соединяться с датчиками управляющих импульсов и с преобразователем напряжения разъемами. При переходе на штатную систему зажигания из прерывателей следует вынуть изоляционные прокладки между контактами. Вторая катушка магнето переключается в этом случае на энергоснабжение катера.

При подготовке к монтажу системы электронного зажигания надо подобрать транзисторы T_1, T_2 и T_3, коэффициент передачи тока которых должен быть не меньше 45—50. Сопротивление резистора R_1 подбирается таким, чтобы напряжение на базе транзистора T_1 составляло 0,25 В при устойчивом состоянии триггера, а сопротивление резистора R_4 должно обеспечивать открытое состояние транзистора T_4 в устойчивом состоянии триггера. Если преобразователь при включении питания не запускается, необходимо проверить правильность соединения обмоток трансформатора. Начала обмоток на схеме обозначены точками.

При регулировке зазора между замыкателем и датчиком управляющих импульсов между ними прокладывают плотную бумагу толщиной 0,35—0,30 мм.

После того как датчик будет прижат и закреплен, бумагу удаляют. До установки на мотор системы зажигания необходимо убедиться в ее работоспособности. Для имитации управляющих импульсов собирается имитатор по схеме,

Рис. 67. Детали датчика и замыкателя (номера деталей соответствуют номерам позиций на предыдущем рисунке)

приведенной на рис. 68. Выходные зажимы устройства присоединяют к системе электронного зажигания вместо датчика управляющих импульсов. На вход подается напряжение осветительной сети 127 или 220 В. Между электродами свечей образуются искровые жгуты, представляющие собой последовательность искр, следующих с частотой сети 50 Гц. Если вместо сети использовать звуковой генератор, то можно имитировать различные режимы работы мотора. Искрообразование проверяют в диапазоне частот следования управляющих импульсов от 3 до 100 Гц, что примерно соответствует диапазону частот вращения от 200 до 5000 об./мин.

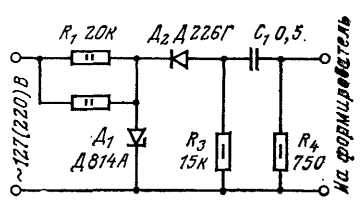


Рис. 68. Имитатор управляющих импульсов

В приборе применены резисторы типа МЛТ, конденсаторы C_1, C_4 и C_5 типа К50-6, C_3 типа МБ-2, C_6 типа МБГО.

Ходовые испытания катера с одним и тем же двигателем и при равных условиях показали, что при работе с описанной электронной системой зажигания частота вращения возросла примерно на 10% по сравнению с заводской системой зажигания. Облегчился запуск двигателя, он стал устойчиво работать на малых оборотах.

В заключение рассмотрим систему электронного зажигания, разработанную отечественной промышленностью и примененную на серийных моторах «Ветерок-8Э» и «Ветерок-12Э» [31]. Система обеспечивает стабильную работу двигателя в диапазоне частот вращения, равном 200—6000 об./мин, не требует специального ухода и позволяет снимать с мотора электроэнергию для бортовой сети лодки.

Принципиальная схема промышленной системы электронного зажигания приведена на рис. 69. Это двухканальная тиристорная схема с накоплением

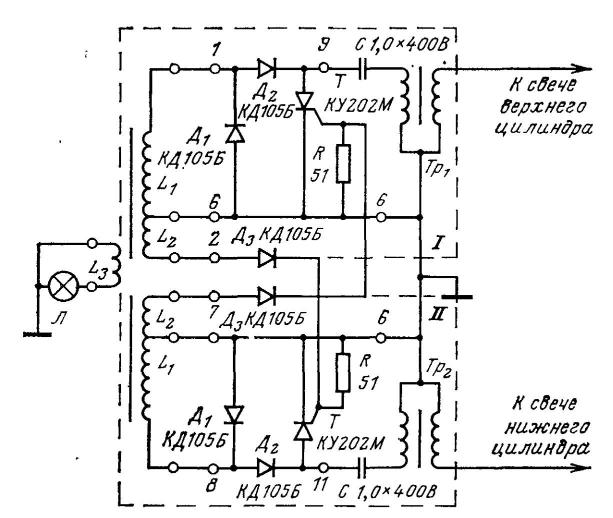


Рис. 69. Принципиальная схема заводской системы электронного зажигания для мотора «Ветерок»

энергии в конденсаторе. Оба канала идентичны. На схеме канал верхнего цилиндра обозначен цифрой *I*, канал нижнего цилиндра — цифрой *II*. Каждый канал состоит из зарядной катушки L_1, управляющей катушки L_2, выпрямительных диодов $Д_2$ и $Д_3$, демпфирующего диода $Д_1$, тиристора *Т*, накопительного конденсатора *С*, резистора *R* в управляющей цепи тиристора, высоковольтных трансформаторов $Тр_1$ и $Тр_2$, вторичные обмотки которых соединены со свечами верхнего и нижнего цилиндров соответственно.

Вся система электронного зажигания, кроме высоковольтных трансформаторов, расположена на основании магдино.

Эскиз системы показан на рис. 70. Основу системы составляет магнитопровод звездчатой формы, установленный на основании магдино. На крайних сердечниках магнитопровода расположены попарно: зарядная катушка верхнего цилиндра и управляющая катушка нижнего (например, *2* — L_1 и *1* — L_2) на одном, а другие две катушки — на другом. Два полюсных наконечника магнитопровода предназначены для замыкания магнитного потока от полюсов маховика.

Катушка L_3 (мощностью 30 Вт), установленная на центральном сердечнике магнитопровода, предназначена для питания системы бортового освещения и обеспечивает при напряжении 12 В нормальную работоспособность одной лампы типа А12-32 или двух ламп типа А12-15.

На основании магдино (в нижней части рис. 70) установлена плата, на которой смонтирована схема электронного зажигания. Конденсаторы, предназна-

ченные для накопления энергии, вынесены из-под маховика, так как они имеют довольно большие размеры.

Система работает следующим образом. При прохождении магнитных полюсов маховика мимо одного из сердечников магнитопровода в его катушках индуцируются импульсы тока. Импульс зарядной катушки используется для за-

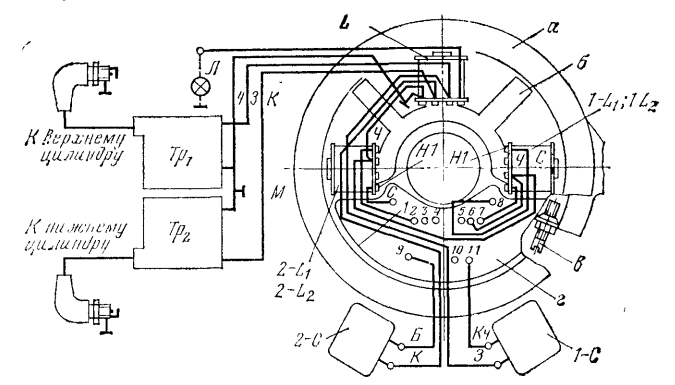


Рис. 70. Конструкция системы электронного зажигания для мотора «Ветерок»:
Б — белый; *К* — красиый; *С* — сииий; *Ч* — черный; *З* — зеленый; *Кч* — коричиевый; *Ж* — желтый; *а* — осиованне магнето; *б* — магиитопровод; *в* — виит регулирования максимальиого угла опережения зажигания; *г* — плата с электроникой. Остальные обозначения соответствуют принципиальной схеме

ряда накопительного конденсатора соответствующего канала. Импульс управляющей катушки поступает через диод на управляющий электрод тиристора другого канала, что предусмотрено попарным комбинированием катушек. Если накопительный конденсатор второго канала был к этому времени заряжен, то в нем происходит образование импульса зажигания. После первой половины оборота маховика, когда магнитные полюса будут проходить мимо другого крайнего магнитопровода, наведется импульс управления для первого из рассматриваемых каналов (накопительный конденсатор был заряжен на предыдущем этапе) и в нем сформируется импульс зажигания, а в другом произойдет заряд накопительного конденсатора.

ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ДИСТАНЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ МОТОРОМ

Современные обводы и компоновка моторных лодок близки к характерным для катеров со стационарным мотором. Они предполагают расположение судоводителя в передней части кокпита и управление движением моторной лодки по образцу автомобиля — с помощью руля и других органов управления, расположенных в зоне ветрового стекла. Такое расположение судоводителя обеспечивает удобство и четкость управления движением моторной лодки, максимальную безопасность и оптимальную центровку лодки. При использовании мотора повышенной мощности, а тем более двух моторов расположение водителя спереди является обязательным.

Управление приводом газа и реверсредуктором подвесного мотора осуществляется дистанционно. Обычно применяют механическую тросовую систему дистанционного управления, выпускаемую промышленностью. Однако ее стоимость относительно высока, а размещение на лодке иногда связано с большими неудобствами, особенно при использовании двух моторов.

В тех случаях, когда имеется возможность достать малогабаритные электродвигатели постоянного тока, может оказаться предпочтительным применение электромеханической системы, ее преимуществами являются простота размеще-

ния на лодке, связанная с отсутствием системы тросов, удобство и простота управления моторами, отсутствие ограничений на углы поворота моторов, высокая надежность работы.

Рассмотренная ниже система электромеханического управления газом и реверсом предназначена для подвесного мотора «Вихрь» [26]. Такая система может быть применена с любым другим подвесным мотором, однако в этом случае необходима соответствующая доработка механических узлов применительно к конструкции конкретного двигателя.

Электромеханическая система управления газом состоит из механического узла привода газа, т. е. привода дроссельной заслонки и устройства опережения зажигания с электродвигателем и редуктором, электрической схемы коммутации направления вращения валика привода и пульта управления. Кинематическая схема привода газа приведена на рис. 71, *а*.

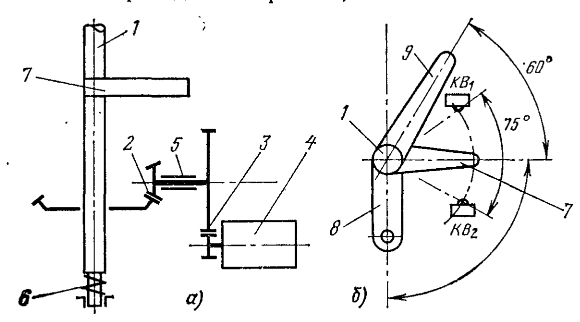


Рис. 71. Кинематическая схема привода дроссельной заслонки *(а)* и угловые соотношения привода *(б)*

Управление положением дроссельной заслонки карбюратора и углом опережения зажигания осуществляются путем вращения вала *1* (как и обычно в моторе «Вихрь») через редуктор, состоящий из пары конических *2* и пары цилиндрических шестерен *4*, и электродвигателем *5*. Передаточное отношение конической пары 1 : 4, модуль зуба 0,4. Передаточное отношение цилиндрической пары также составляет 1 : 4, так что общее замедление от валика электродвигателя к валу *1* составляет 16 раз. Для того чтобы обеспечить надежное зацепление шестерен конической пары и для удобства монтажа этого узла на подвесном моторе, вал *1* отжимается от нижнего подшипника пружиной *6*.

Необходимое ограничение сектора, в пределах которого может поворачиваться вал *1* при регулировке положения дроссельной заслонки, осуществляется путем установки концевых выключателей (рис. 71, *б*) KB_1 и KB_2, на которые воздействует закрепленный на валу *1* толкатель *7*. Когда толкатель доходит до одного из крайних положений, он упирается в расположенный здесь концевой выключатель, которым разрывается цепь питания электродвигателя. Поворот вала *1* прекращается. Применение концевых выключателей для автоматической фиксации крайних положений дроссельной заслонки позволило отказаться от каких-либо дополнительных мер для индикации положения дроссельной заслонки в процессе работы мотора: нет надобности в информации о положении дроссельной заслонки при управлении ею. В тех исключительных случаях, когда водителю нужна эта информация, с осью дроссельной заслонки может быть сопряжен потенциометр любого типа, включенный параллельно аккумулятору. Положение движка потенциометра в этом случае индицируется вольтметром.

Углы установки концевых выключателей, угловые соотношения между поводком дроссельной заслонки *8*, поводком устройства опережения зажигания *9* и толкателем *7*, закрепленными на валу *1*, показаны на рис. 71, *б*.

На рис. 72 приведена электрическая схема дистанционного включения электродвигателя и изменения направления его вращения. Для изменения направления вращения выходного вала электродвигателя с целью уменьшения или увеличения открытия дроссельной заслонки, в примененном электродвигателе должно быть изменено направление тока в обмотке возбуждения. Переключе-

ние направления тока возбуждения производится тумблером *В*. Для того чтобы сделать минимальным количество проводов между пультом управления и подвесным мотором, все коммутации осуществляются простым тумблером, а на моторе устанавливается реле *Р*, через контакты которого и осуществляется включение электродвигателя и коммутация его обмотки возбуждения.

Обычно тумблер установлен в нейтральное положение, при котором положительный вывод аккумуляторной батареи *Б* не соединен с цепями дистанционного управления, а отрицательный вывод постоянно соединен с выводом $Я_1$ якоря электродвигателя и с контактами *2* и *6* реле. Через нормально замкнутый контакт *6* реле отрицательный вывод аккумуляторной батареи соединяется с выводом $В_1$ обмотки возбуждения электродвигателя.

Для увеличения скорости движения моторной лодки (открытия дроссельной заслонки карбюратора) тумблер *В* устанавливают в положение *Больше*, при котором положительный потенциал от аккумуляторной батареи через замыкающийся контакт *1* тумблера и нормально замкнутый контакт концевого выключателя $КВ_2$ поступает на обмотку реле *Р*. Реле срабатывает. Через замыкающийся контакт *8* положительный потенциал поступает на якорь электродвигателя (на вывод $Я_2$), а через замыкающийся контакт *5* — на обмотку возбуждения электродвигателя. Ток в обмотке возбуждения течет от вывода $В_2$ к выводу $В_1$. Электродвигатель работает, вращая вал *1* по часовой стрелке. Дроссельная заслонка открывается. Когда дроссельная заслонка займет крайнее положение (максимальный газ), толкателем будет разомкнут контакт концевого выключателя $КВ_2$ и обмотка реле обесточится. Все контакты реле вернутся в исходное состояние. Это приведет к обесточиванию обмоток электродвигателя.

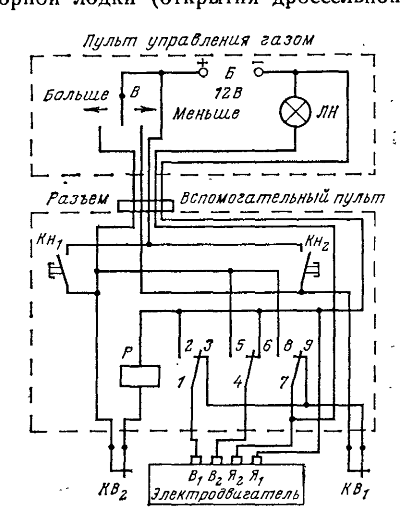


Рис. 72. Принципиальная схема системы дистанционного управления газом

Таким образом, при полном открытии дроссельной заслонки все цепи системы автоматически обесточиваются и тумблер может находиться в установленном положении *Больше* неограниченное время.

Для уменьшения скорости движения моторной лодки (для закрытия дроссельной заслонки) тумблер следует переключить в положение *Меньше*. Тогда положительный потенциал аккумуляторной батареи через контакт *2* тумблера и нормально замкнутый контакт *9* реле поступит на обмотку якоря электродвигателя, а через нормально замкнутый контакт концевого выключателя $КВ_1$ и контакт *9* реле — на обмотку возбуждения. Ток в обмотке возбуждения потечет от вывода $В_1$ к выводу $В_2$, т. е. в противоположном по сравнению с предыдущим случаем направлении. Электродвигатель поворачивает вал *1* против часовой стрелки, закрывая дроссельную заслонку. Реле в этом случае не включается. Если тумблер находится в положении *Меньше* более 5 с, то толкатель *7* дойдет до концевого выключателя $КВ_1$ и цепи питания обмотки возбуждения разомкнутся. Дроссельная заслонка находится в это время в положении *Малый газ*.

Если необходимо установить промежуточную скорость движения, то тумблер, предварительно включенный в положение *Больше* или *Меньше*, переводится в нейтральное положение при достижении мотором нужных оборотов. При этом водителем осуществляется контроль скорости движения моторной лодки визуально, либо с помощью измерителя скорости движения, либо частотам вращения вала (иа слух или с помощью тахометра).

Для контроля исправности системы и для индикации достижения крайних положений дроссельной заслонки на приборный щиток водителя вынесена сигнальная лампочка *ЛН* Ее включают параллельно обмотке якоря электродви-

гателя. Лампа горит лишь тогда, когда на электродвигатель поступает питающее напряжение. Если дроссельная заслонка находится в одном из крайних положений и концевой выключатель разомкнут, то лампочка не горит. Она зажигается лишь тогда, когда тумблер находится в положении, обеспечивающем перевод дроссельной заслонки в другое крайнее положение. Таким образом, манипулируя тумблером и наблюдая за включением лампочки, можно определить, в каком из крайних положений находится дроссельная заслонка, даже при неработающем двигателе. Это совершенно необходимо знать перед запуском двигателя. Кроме того, невключение лампочки при манипуляциях тумблером свидетельствует о неисправности цепей питания системы, что особенно важно знать при работе двигателя с максимальными оборотами, чтобы предотвратить аварию путем экстренного выключения двигателя.

Управление системой осуществляется с пульта водителя, на котором расположены тумблер *В* и сигнальная лампочка *ЛН*. Пульт управления соединен с подвесным мотором четырьмя проводами, связанными в жгут. К цепям мотора жгут подключают через разъем.

При регулировке мотора, а также при запуске мотора, не имеющего электростартера, водитель находится в кормовой части моторной лодки (или вообще вне лодки, если мотор установлен на регулировочном стенде). В этих случаях для управления приводом газа непосредственно на моторе установлен вспомогательный пульт с кнопками $Кн_1$ *Больше* и $Кн_2$ *Меньше*. Как видно из схемы, контакты кнопок включены в цепи управления таким образом, что вспомогательный пульт не мешает работе основного (и наоборот), но может обеспечить управление и без него. Кнопки работают так же, как и тумблер основного пульта. При желании кнопки могут быть заменены тумблером. Сигнальная лампочка на вспомогательном пульте не нужна, так как водитель при работе со вспомогательным пультом обычно видит положение вала *1* (см. рис. 71).

В системе использованы следующие основные элементы: микроэлектродвигатель постоянного тока со встроенным редуктором типа ДР-1, 5Р, работающий при напряжении питания не менее 6 В и потребляющий ток 0,3 А; электромагнитное реле типа РЭС-22 (паспорт РФА4.500.129) на рабочее напряжение около 10 В; концевые выключатели с нормально замкнутой парой контактов типа Д-703; тумблер типа ВБТ с нейтральным положением; источник питания напряжением 12 В. При отсутствии аккумуляторной батареи можно с успехом использовать сухие батареи типа КБС-Л-0,50. Три включенные последовательно батареи этого типа обеспечивают нормальную работу системы в течение всего сезона.

При установке системы на подвесной мотор можно использовать вертикальный валик привода заслонки карбюратора мотора «Вихрь». На нем дополнительно устанавливают толкатель, а секторную шестерню заменяют конической с более мелким зубом. Но лучше, конечно, изготовить новый вал *1*. Его эскиз приведен на рис. 73. Передаточные отношения и размеры шестерен редуктора не обязательно должны точно соответствовать приведенным данным. Можно подобрать любые комбинации шестерен из имеющихся под рукой, чтобы частота вращения вала *1* составляла 20—30 °/с.

Если нет двигателя со встроенным редуктором, то можно применять любой микродвигатель постоянного тока с рабочим напряжением 12 В, но в этом случае необходим дополнительный редуктор. Замена электродвигателя должна сопровождаться изменением размеров узла крепления его на моторе.

При установке системы на подвесной мотор с последнего снимаются румпель и все промежуточные валики, предназначенные для передачи вращения от ручки регулировки газа к вертикальному валу *1*. Вместо румпеля в освободившееся гнездо поддона мотора устанавливают вспомогательный пульт управления. Внутри корпуса пульта размещено реле *Р*, а на его торцевой стороне разъем и две кнопки управления.

Электродвигатель *4* располагается на поддоне в горизонтальном положении (рис. 74, *а*). Его закрепляют хомутом *10* на основании *11*. Установочные отверстия на основании *11* соответствуют расположению болтов, которыми поддон подвесного мотора крепят к дейдвуду. Узел привода газа крепят к мотору болтами. Для удобства монтажа гайки свободно плавают в обоймах *12*, предотвращающих их проворачивание при закручивании.

К основанию *11* двумя винтами прикреплен кронштейн *13*, в котором имеется гнездо для шарикового подшипника с наружным диаметром 19 мм, внутренним диаметром 6 мм и высотой 6 мм. В подшипнике устанавливают промежуточный валик редуктора, несущий малую коническую и большую цилиндрическую шестерни. Вместо шарикового подшипника здесь можно применить под-

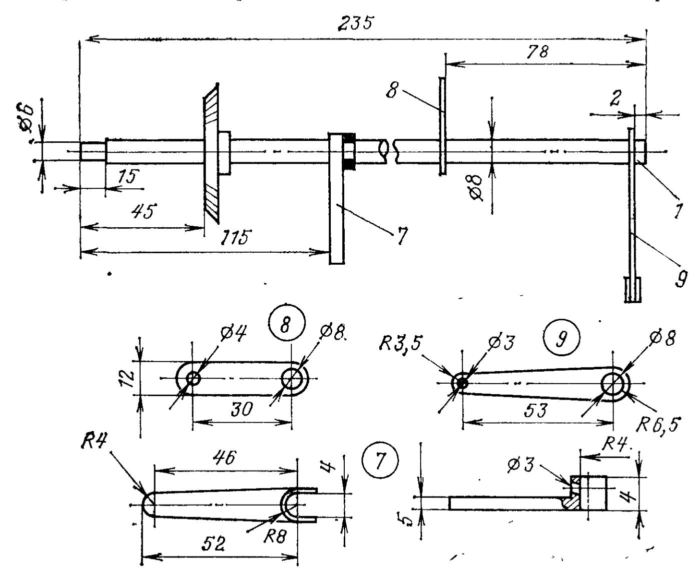


Рис. 73. Детали привода

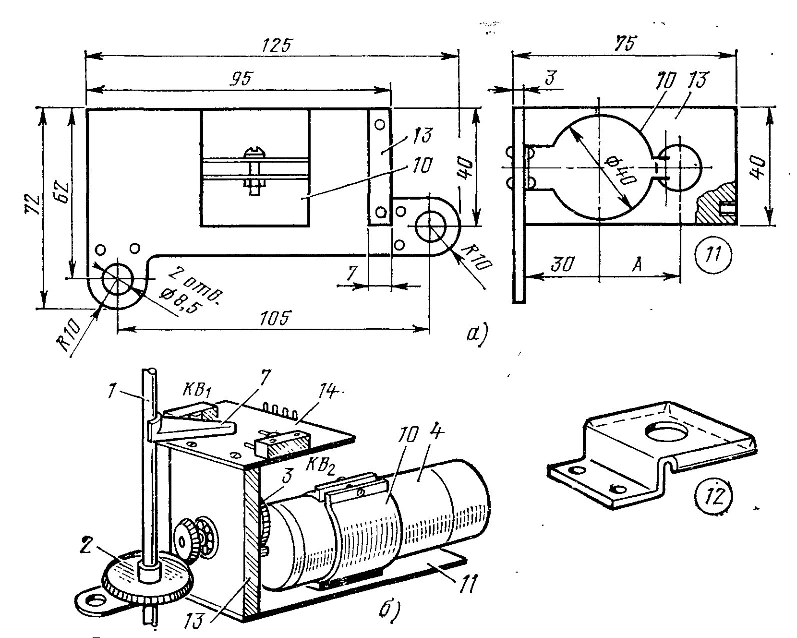


Рис. 74. Детали крепления двигателя *(а)* и узел привода *(б)*

шипник скольжения. Размер А кронштейна равен сумме радиусов пары цилиндрических шестерен. Здесь же на рис. 74, *б* приведен узел привода газа в сборе.

На кронштейне *13* установлена плата *14* с двумя концевыми выключателями, положение которых можно регулировать путем их перемещения вдоль пазов в плате. Все элементы механизма изготовлены из дюралюминия.

Установка узла привода газа на моторе «Вихрь» показана на рис. 75.

На рис. 76 приведена схема дистанционного управления газом, в которой вместо многоконтактного реле использовано простое реле с одним нормально разомкнутым контактом. Им может быть реле типа РЭС-10 (паспорт

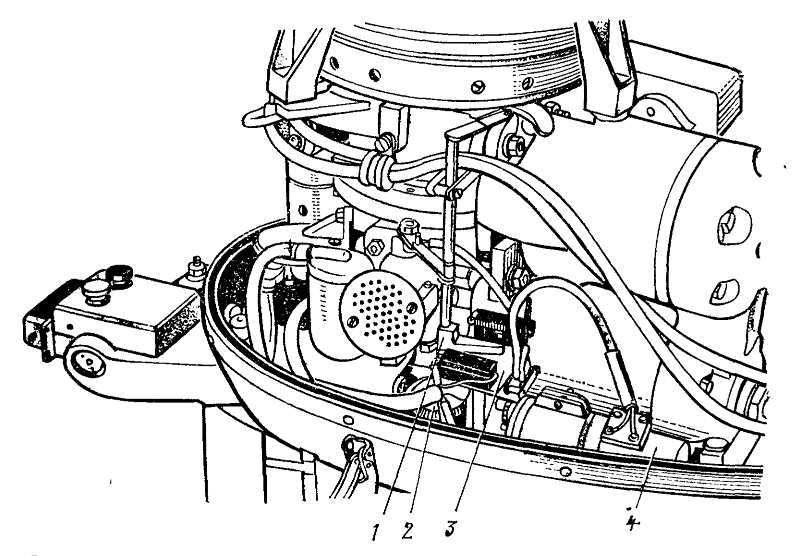


Рис. 75. Установка узла привода на «Вихре»:
1 — валик; *2* — коническая большая шестерня; *3* — плата с концевыми выключателями; *4* — электродвигатель

РС4.524.304) либо другое аналогичное реле. В этом случае на пульте управления устанавливают две кнопки $Кн_1$ *Больше* и $Кн_2$ *Меньше*, а связь пульта с электродвигателем осуществляют жгутом из семи проводов. Устройство работает аналогично описанному выше, но значительно проще при монтаже за счет упрощения вспомогательного пульта.

На рис. 77 показаны составные элементы механизма системы дистанционного управления газом подвесного мотора «Вихрь».

Принцип дистанционного управления переключением реверсредуктора аналогичен описанному. Отличия заключаются лишь в конкретном исполнении механизма привода и электрической части. Система управления должна обеспечивать установку горизонтальной тяги реверсредуктора *1* (рис. 78) в одном из трех фиксированных положений: *Передний ход, Задний ход, Нейтраль*. Все три положения фиксируются тремя концевыми выключателями, два из которых замыкаются при крайних положениях коромысла *2* (концевые выключатели *6*), а третий — в среднем положении коромысла (концевой выключатель *7*). Концевые выключатели *6* включены по схеме, аналогичной приведенной на рис. 76 (соответствуют $КВ_1$ и $КВ_2$). Концевой выключатель *7* обеспечивает включение (при его замыкании) сигнальной лампы на пульте водителя, свидетельствующей о нейтральном положении реверсредуктора, что необходимо знать водителю перед запуском двигателя или при прекращении хода. Кнопки $Кн_3$ и $Кн_4$ дополнительного пульта управления (как и сам пульт) можно не использовать, оставив вместо их нормально замкнутых контактов перемычки. Привод коромысла

осуществляется от электродвигателя *4*. Цилиндрическая шестерня *5* на его валу при вращении перемещает рейку *3*, шарнирно соединенную с коромыслом. Также шарнирно соединяется с коромыслом и тяга реверсредуктора *1*. Шарикоподшипник *8* предотвращает стирание кнопки концевого выключателя *7*.

Рис. 76. Упрощенная схема дистанционного управления газом

Рис. 77. Элементы привода системы дистанционного управления (позиции указаны на рис. 71, 73, 74)

В тех случаях, когда нет возможности установить на катере механическую или электромеханическую систему дистанционного управления моторами, может оказаться полезной простейшая электрическая система дистанционного управления.

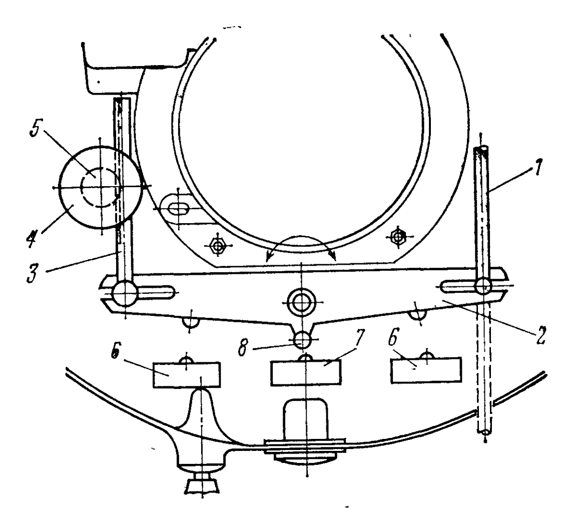


Рис. 78. Кинематическая схема дистанционного управления частотой вращения вала двигателя

В подавляющем большинстве случаев удовлетворительное управление движением катера обеспечивается тремя режимами: режимом *Малого хода*, когда

катер начинает двигаться при отходе от берега, при подходе к берегу или при движении в опасных местах; режимом *Полного хода* — при переходах по трассе, не связанных с опасностью; режимом *Стоп* — при возникновении опасной ситуации или для остановки. Промежуточные режимы *Среднего хода* используются сравнительно редко и в любом случае с их отсутствием можно смириться.

Описанная ниже электрическая система дистанционного управления основана на том, что современные двухцилиндровые подвесные двигатели могут устойчиво работать на одном цилиндре. Следует заметить, что работу на одном цилиндре можно допустить только в исключительных случаях и кратковременно. Переход на один цилиндр позволяет уменьшить мощность двигателя более чем в два раза, что сопровождается резким уменьшением скорости катера. Этот способ особенно эффективен, когда уменьшение мощности мотора приводит к переходу с глиссирующего режима движения на водоизмещающий.

Электрическая схема дистанционного управления одним двигателем приведена на рис. 79. Выводы обоих конденсаторов C_1 и C_2 системы зажигания мотора *1*, а также контакт с массой мотора выведены на кабель, идущий к приборному щитку водителя. На приборном щитке *2* расположен тумблер *В*, которым осуществляют изменения режима работы мотора. Тумблер имеет две группы контактов B_1 и B_2 (с нейтральным положением). Положения *1, 2* и *3* тумблера соответствуют режимам *Малый ход, Полный ход* и *Стоп.*

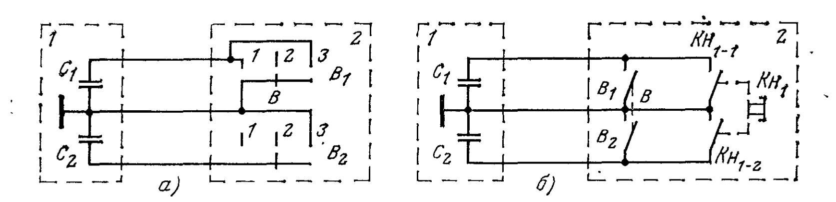


Рис. 79. Электрическая схема дистанционного управления частотой вращения двигателя

В положении *1* тумблера конденсатор C_1 (а следовательно, и соответствующий прерыватель) одного из цилиндров двигателя замыкается на массу. Мотор работает на другом цилиндре, развивая пониженную мощность, при которой обеспечивается малый ход катера. В положении *2* тумблера (нейтральное) работают оба цилиндра двигателя и развивают полную мощность. В положении *3* конденсаторы C_1 и C_2 обоих цилиндров замыкаются на массу и двигатель прекращает работу.

Таким образом, если катер оборудован одним двигателем, то водитель с помощью системы дистанционного управления может обеспечить три режима. Если катер оборудован двумя двигателями, то можно дополнительно обеспечить промежуточные режимы *Среднего хода*, соответствующие работе двух цилиндров (по одному на каждом двигателе) или трех цилиндров. Схема управления вторым двигателем точно такая же, как и первым. Управление осуществляется с приборного щитка двумя тумблерами, каждый из которых управляет своим двигателем.

На рис. 79, *б* показан вариант схемы для одного двигателя, в которой применен тумблер на два положения: *Малый ход* и *Полный ход* (контакты B_1 и B_2), а выключение его осуществляется с помощью дополнительной кнопки *Стоп* ($Кн_1$).

Системой дистанционного управления (рис. 79, *а*) пользуются следующим образом: двигатель запускают, как обычно, при положении реверса *Холостой ход*. Тумблер находится в положении *2*. Перед включением реверса в положение *Прямой ход* тумблер устанавливают в положение *1* и, регулируя дроссельную заслонку, добиваются устойчивой работы двигателя. Затем включают реверс в положение *Прямой ход* и рукояткой регулировки газа устанавливают полный ход. После этого, манипулируя тумблером системы дистанционного

управления, можно получить все перечисленные режимы. Режим *Тихий ход* устанавливают лишь при подходе к берегу перед остановкой катера.

ПРИБОРЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ГЛУБИНЫ

ЭХОЛОТ С ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИМ ИНДИКАТОРОМ

Задача измерения глубины водоема является одной из основных задач, связанных с обеспечением безопасности движения на воде. Важность этой задачи особенно возросла в последние годы в связи с резким увеличением скоростей движения на воде. При скорости движения катера, достигающей 30—50 км/ч лишь непрерывный контроль глубины по линии движения и автоматическое выключение двигателя при возникновении подводных препятствий могут служить гарантией безопасности катера.

Практически единственным техническим средством непрерывного контроля глубины в настоящее время являются ультразвуковые измерители — эхолоты и гидролокаторы. Устройство этих приборов относительно сложно, и их изготовление и настройка доступны лишь квалифицированным радиолюбителям, имеющим к тому же возможность пользоваться разнообразными радиоизмерительными приборами. Однако при использовании современной полупроводниковой технологии приборы получаются весьма компактными и экономичными и сложность их изготовления и настройки полностью оправдываются. Эхолоты в настоящее время устанавливают на всех без исключения морских судах. Выпускаемые промышленностью портативные эхолоты помещают и на катерах.

На рис. 80, *а* приведена структурная схема ультразвукового эхолота. Работает он следующим образом. Генератор высокочастотных импульсов *1* вырабатывает кратковременный синусоидальный сигнал с огибающей прямоугольной формы, длительность которого определяется минимальной измеряемой глубиной,

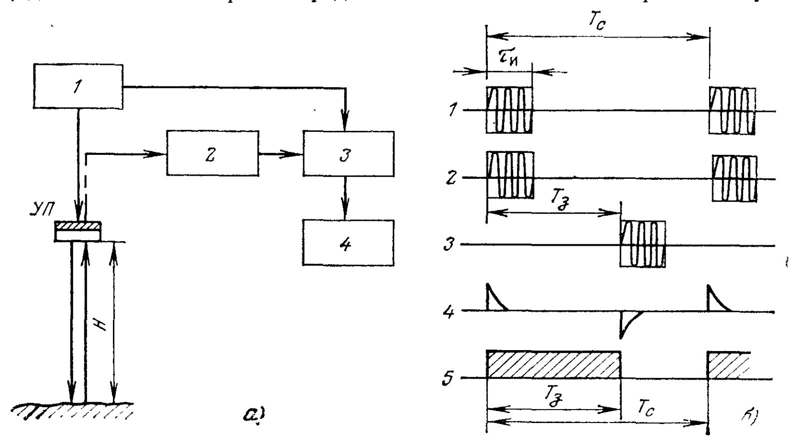


Рис. 80. Принцип работы ультразвукового эхолота:
а — структурная схема; *б* — временные диаграммы сигналов

а период следования — максимальной глубиной. На рис. 80, *б* представлены временные диаграммы работы эхолота. На них длительность импульса обозначена $\tau_и$, а период следования $T_с$. Частоту синусоидального сигнала выбирают с учетом размеров ультразвуковой антенны, требуемой направленности облучения, максимальной измеряемой глубины. Высокочастотный импульс по кабелю поступает на ультразвуковой преобразователь *УП*, играющий роль излучающей антенны. Преобразователь состоит из элемента, преобразующего электрические колебания в ультразвуковые. Импульс ультразвуковых колебаний распространяется в воде, причем основная часть его энергии — в направлении, перпендикулярном плоскости излучателя. Исходя из этого, в эхолотах плоскость излуча-

теля ориентируется горизонтально, а преобладающее направление излучения — вертикально вниз.

Скорость распространения ультразвуковых колебаний в воде составляет в среднем 1500 м/с. Дойдя до дна, ультразвуковой импульс отражается и, пройдя вновь путь H, равный измеряемой глубине, достигает ультразвукового преобразователя и возбуждает в нем ультразвуковые колебания. Время, в течение которого ультразвуковой импульс преодолевает удвоенную глубину H, может быть измерено (интервал времени $T_з$ на рис. 80, *б*, строка *3*). Глубину определяют на основании соотношения, связывающего время прохождения ультразвукового импульса $T_з$, скорость распространения ультразвука в воде c и глубину H: $T_з=2H/c$. Отсюда можно определить глубину $H=cT_з/2$.

Возбужденный ультразвуковыми колебаниями эхо-сигнала преобразователь *УП* генерирует электрические сигналы, по форме и частоте соответствующие возбуждающим ультразвуковым сигналам. Полученный импульс электрических синусоидальных колебаний с преобразователя поступает на усилительную схему *2*, где он усиливается до значения, при котором могут быть выполнены измерения, и поступает на измеритель временнóго интервала *3* между началом излучения импульса и началом эхо-импульса. Для измерения этого интервала на схему измерения времени задержки поступает импульс с генератора *1*. Результат измерения, прямо пропорциональный измеряемой глубине, индицируется в том или ином виде схемой индикации глубины *4*. Практически индикатор определяет соотношение $T_з/T_с$, показанное в строке *5* рис. 80, *б*. Длительность задержки эхо-сигнала, равная периоду следования импульсов генератора, соответствует максимальной измеряемой глубине. Поэтому период следования определяют исходя из необходимой максимальной глубины в соответствии с выражением $T_с=1{,}3\cdot10^{-3}U_{макс}$. Например, при максимальной глубине 30 м период следования импульсов должен быть не менее 39 мс.

Описываемый ниже эхолот позволяет измерять глубины от 0,5 до 15 м. Напряжение питания прибора 12—13,5 В, потребляемый ток около 0,1 А. Частота колебаний 220 кГц, длительность импульса 0,5 мс, период следования импульсов 20 мс.

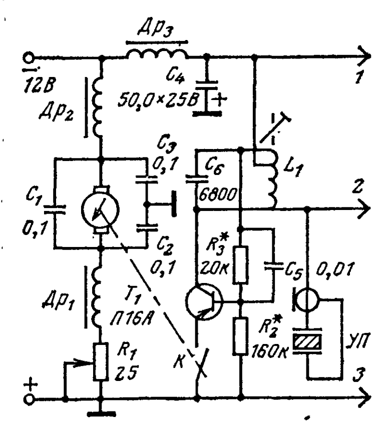


Рис. 81. Принципиальная схема передатчика эхолота

Принципиальная схема этого прибора приведена на рис. 81 и 82. Основу прибора составляет электромеханическое устройство, обеспечивающее индикацию глубины и общую синхронизацию работы эхолота. Упрощенная схема электромеханического индикатора-синхронизатора приведена на рис. 83. В ее основу положен электродвигатель постоянного тока *5*, вращающий с постоянной частотой диск *2*, на котором установлена неоновая лампочка *3* и кулачок синхронизации *8*. Неоновая лампочка через щеточный переходник *6* соединена с выходным трансформатором эхолота. Перед диском установлена прозрачная круговая шкала *1*, на которой по окружности нанесены деления, соответствующие измеряемым глубинам. Нулевая отметка глубины расположена против неоновой лампочки (сверху). Кулачок *8* воздействует на контакт *7*, нормально находящийся в замкнутом состоянии. Для приведения в соответствие масштаба шкалы и частоты вращения двигателя между ним и осью вращающегося диска установлен редуктор *4*.

Рассмотрим работу передатчика эхолота, схема которого приведена на рис. 81. В момент, когда неоновая лампочка вращающегося диска проходит мимо нулевой отметки шкалы, кулачок замыкает контакт *К*, включенный в эмиттерную цепь транзистора T_1. Транзистор T_1 входит в схему генератора частотой заполнения импульсов. В генераторе возникают колебания частоты 220 кГц. Длительность колебательного процесса определяется временем, в течение кото-

рого контакт K замкнут, т. е. протяженностью кулачка и частотой вращения диска. Их выбирают такими, чтобы длительность импульса была примерно равна 0,5 мс. Частота генерации определяется настройкой резонансного контура

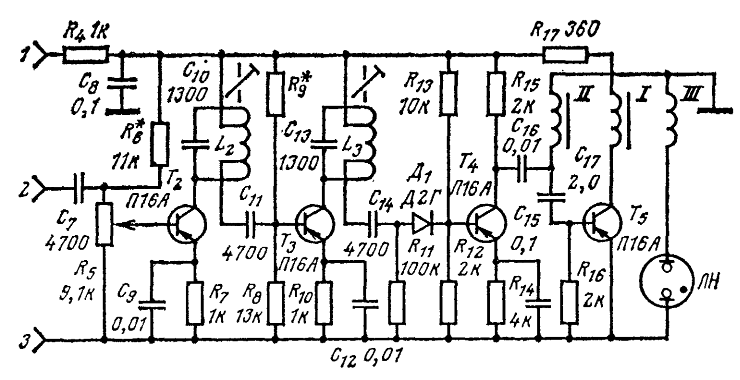


Рис. 82. **Принципиальная схема приемника эхолота**

L_1C_6 и должна соответствовать резонансной частоте ультразвукового преобразователя. В приборе в качестве такого преобразователя использована пьезокерамическая пластина из титаната бария размером 22×25×6 мм с резонансной частотой около 220 кГц. В режиме постоянной генерации (при замкнутом контакте K) генератор потребляет ток 4,2 мА, что обеспечивается подбором сопротивлений резисторов R_2* и R*$_3$.

Выделяющийся на контуре генератора импульс напряжения передается на ультразвуковой преобразователь *УП* и излучается в воду в виде импульса ультразвуковых колебаний. Отраженный от дна импульс принимается тем же преобразователем и поступает на вход двухкаскадного резонансного усилителя на транзисторах T_2 и T_3, изображенного на рис. 82.

Следует отметить, что контур генератора при приеме эхо-сигнала оказывается включенным на входе приемника и играет роль входного настроенного контура. Усиление приемника регулируется переменным резистором R_5. С отвода от катушки резонансного контура L_2, являющегося нагрузкой транзистора T_3, импульсы эхо-сигнала поступают на диодный детектор $Д_1$ и затем дополнительно усиленная огибающая продетектированного импульса с коллекторной нагрузки видеоусилителя на транзисторе T_4 подается в цепь запуска ждущего блокинг-генератора. Трансформатор $Тр_1$ блокинг-генератора на транзисторе T_5 имеет три обмотки: нагрузочную (I) в коллекторной цепи, обратной связи (II) в цепи базы и выходную (III). В цепь обмотки III включена в качестве нагрузки неоновая лампочка *ЛН* — составная часть индикатора. Эта лампочка и укреплена на вращающемся диске индикатора-синхронизатора. Когда эхо-импульс запускает блокинг-генератор, неоновая лампочка вспыхивает, фиксируя визуально наличие эхо-сигнала.

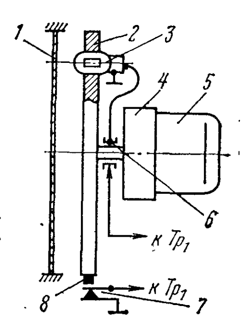


Рис. 83. Принцип работы электромеханического индикатора-синхронизатора

Вследствие того, что неоновая лампочка установлена на вращающемся диске, по ее угловому отклонению от нулевой отметки шкалы в момент вспышки можно судить о задержке эхо-импульса относительно импульса посылки (напомним, что импульс посылки излучается в тот момент, когда неоновая лампочка проходит мимо нулевой отметки шкалы). Задержка эхо-импульса прямо пропорциональна глубине. Заметим, что в момент излучения импульса он кроме ультразвукового преобразователя поступает также и на вход приемника через конденсатор C_7, соединяющий контур генератора с базой входного транзистора

T_2 приемника. Поэтому в момент излучения импульса неоновая лампочка также вспыхивает, отмечая нулевой момент отсчета времени задержки.

Очевидно, что масштаб шкалы глубин зависит от частоты вращения электродвигателя *ЭД*, а точность измерений — от постоянства этой частоты. Приведем простейший расчет необходимой частоты вращения двигателя и диска.

Если максимальная глубина, на которую рассчитан эхолот, равна $H_{\text{макс}}$, то время задержки эхо-импульса будет равно $2H_{\text{макс}}$. За это время диск должен сделать полный оборот вокруг своей оси. Тогда частота вращения диска равна $n_{\text{д}}=60c/2H$. При частоте вращения выбранного двигателя N коэффициент редукции от двигателя к диску должен составлять $r=N/n_{\text{д}}$. Например, если выбраны: $H_{\text{макс}}=15$ м, $c=1500$ м/с, $N=7000$ об./мин, то частота вращения диска равна $n_{\text{д}}=3000$ об./мин и коэффициент редукции $r=2{,}33$.

В данном случае применен малогабаритный двигатель постоянного тока типа ДП-1-13. Он потребляет мощность 1 Вт при напряжении 13 В. Ротор вращается с частотой около 7000 об./мин. Можно применить и любой другой двигатель такого типа, обладающий минимальным запасом мощности для поддержания постоянства частоты вращения.

Примененный в генераторе контур имеет катушку с полной индуктивностью 38 мкГн. Она состоит из 68 витков провода ПЭШО 0,15, намотанного на каркасе диаметром 10 мм. Индуктивность катушки подстраивается цилиндрическим карбонильным сердечником диаметром 9 мм. Отвод для образования катушки связи делают от 1 и 2-го витков катушки L_1.

Контура усилителя эхо-сигнала состоят из 48 витков провода ПЭШО 0,15, намотанных на броневых ферритовых сердечниках Б9 с наружным диаметром 9 мм. Можно использовать и сердечники Б11. Отводы делают от 16 и 32-го витка.

Дроссели $Др_1$—$Др_3$, предназначенные для фильтрации пульсаций тока, возникающих при работе электродвигателя, намотаны на ферритовые сердечники типа ФМ-1000 диаметром 20 мм проводом ПЭВ, количество витков равно 200. Конденсаторы C_1—C_3, C_8, C_{17} типа МБМ. Конденсатор C_4 типа ЭТО, ЭМ или К50-3. Остальные конденсаторы — керамические дисковые или трубчатые. Все постоянные резисторы типа МЛТ-0,5. Переменный резистор R_5 типа СПО-0,5, R_1 проволочный.

В качестве трансформатора $Тр_1$ можно взять унифицированный трансформатор блокинг-генератора строк (БТС) от телевизионного приемника. Трансформатор имеет только две обмотки, поэтому необходимо добавить третью, намотав ее поверх существующей катушки проводом ПЭШО 0,15. Обмотка должна иметь 100 витков. Можно использовать готовый импульсный трансформатор типа МИТ-4, имеющий три обмотки по 100 витков.

Генератор соединен с ультразвуковым преобразователем отрезком коаксиального кабеля РК-1 или РК-19 длиной 1 м. При необходимости увеличения длины кабеля следует уменьшить емкость резонансного контура генератора. При увеличении длины кабеля до 2 м емкость следует уменьшить на 60 пФ.

Ультразвуковой преобразователь (приемоизлучатель) эхолота выполнен из пластинки титаната бария размером 22×25×6 мм, обеспечивающей получение луча шириной 10°. Конструкция приемоизлучателя показана на рис. 84, *а*. Пьезокерамическая пластина титаната бария *7* приклеена к демпфирующей прокладке *6* из губчатой резины, поглощающей колебания ультразвуковой частоты в направлении, противоположном дну водоема. Между пластиной титаната бария и резиновой прокладкой может быть вклеена пластина из дюралюминия. Кабель *1*, подводящий электрические колебания от генератора, подпаивают к плоским лепесткам, надежно соединенным с посеребренными плоскостями пьезокерамической пластины. Затем всю конструкцию помещают в цилиндрический кожух *4* и заливают эпоксидным компаундом *2* и *5*. Для крепления приемоизлучателя ко дну катера на кожухе имеется втулка с гайкой *3*. При установке ультразвукового преобразователя между кожухом приемоизлучателя и дном катера прокладывают толстый резиновый лист.

Электронная часть эхолота выполнена на круглой плате из гетинакса, вписывающейся в габариты прибора. Диаметр платы 110 мм, толщина 3 мм. Все элементы приклеивают к плате эпоксидным компаундом. Все соединения между элементами выполняют на обратной стороне платы отрезками монтажного

провода. На обратной стороне платы помимо соединительных проводников расположены керамические дисковые конденсаторы C_7, C_{10}, C_{11}, C_{13}, C_{14}. В центре платы установлен подстроечный резистор R_1, ручка которого со шлицевой прорезью выходит со стороны задней стенки корпуса эхолота. Для этого в задней стенке корпуса высверлено отверстие.

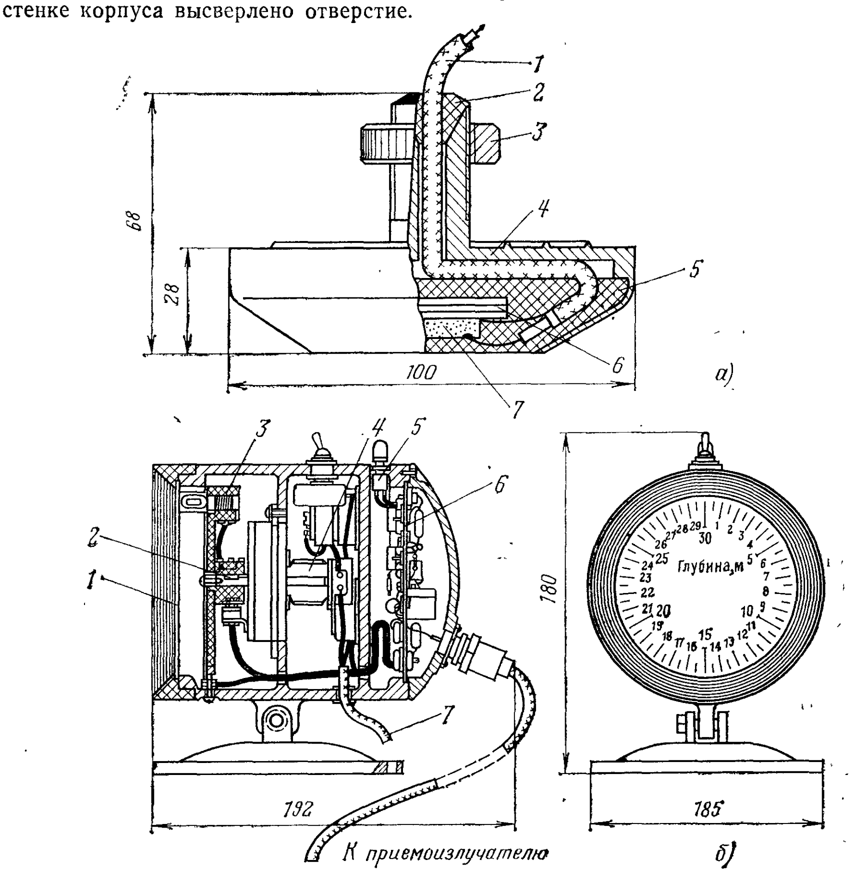


Рис. 84. Приемоизлучатель (*а*) и электромеханический узел эхолота (*б*)

Плата, индикатор-синхронизатор и шкала прибора размещены в цилиндрическом корпусе, внутренний диаметр которого равен 110 мм, а длина 130 мм. Он может быть изготовлен из дюралюминия. При изготовлении диска с неоновой лампочкой на диаметрально противоположной стороне диска укрепляют противовес, уравновешивающий массу неоновой лампочки. Общий вид прибора показан на рис. 84, *б*.

Настройку эхолота начинают с генератора. Для настройки нужны тестер, ламповый вольтметр и осциллограф, а также частотомер. Настройку генератора выполняют при замкнутом контакте *K*. Измеряют потребляемый генератором ток, контролируя наличие колебаний по показаниям лампового вольтметра или осциллографа. В режиме непрерывной генерации потребляемый ток должен быть равен 4,2 мА. При необходимости режим генератора подбирают изменением сопротивлений резисторов R_2 и R_3. Контур генератора подстраивают до получения резонанса на вибраторе. Максимальное напряжение на нем контролируют ламповым вольтметром или осциллографом. Следует иметь в виду, что при нормальной работе эхолота генератор работает не в непрерывном, а в импульсном режиме и его потребление будет в десятки раз меньшим.

Настройку приемника начинают с проверки режима транзисторов. Подбором резисторов R_6* и R_9* добиваются, чтобы эмиттерные токи транзисторов T_2 и T_3 были равны 1 мА. Затем настраивают в резонанс контура приемника. Регулировку выполняют от работающего генератора эхолота, включенного в непрерывный режим. Для настройки временно ослабляют связь между генератором и усилителем приемника, включая последовательно с конденсатором C_7 конденсатор емкостью 10—50 пФ, а точку их соединения заземляя через резистор сопротивлением 600 Ом. Затем последовательно подстраивают контура L_2 и L_3, контролируя достижения резонанса по максимальному значению выходного сигнала на резисторе R_{11}. После настройки усилителя временно введенные резистор сопротивлением 600 Ом и конденсатор емкостью 10—50 пФ убирают. Проверку выходных каскадов выполняют при работе генератора в импульсном режиме. При этом должна вспыхивать неоновая лампочка в моменты замыкания контакта *К*.

Калибровку прибора выполняют в воде после установки его на катере. При калибровке необходимо установить частоту вращения диска, соответствующую выбранному масштабу шкалы. Для этого включают эхолот на месте с известной (измеренной шестом) глубиной и регулировкой резистора R_1, выведенного под шлиц, добиваются совпадения места вспышек неоновой лампочки с отсчетом на шкале, соответствующим измеряемой глубине.

ЭЛЕКТРОННЫЙ ЭХОЛОТ

Описанный выше эхолот отличается простотой схемы, но имеет ряд недостатков, обусловленных, в основном, наличием механического узла. Для его изготовления необходимо выполнять ряд механических работ. Электромеханический узел подвержен действию вибраций и влажности, точность измерений невысокая.

На рис. 85 приведена структурная схема электронного эхолота, свободного от этих недостатков. Эхолот выполнен полностью на полупроводниковых приборах. Он отличается высокой точностью измерений глубины, расширенным диапазоном измерений, надежностью и компактностью. Для повышения без-

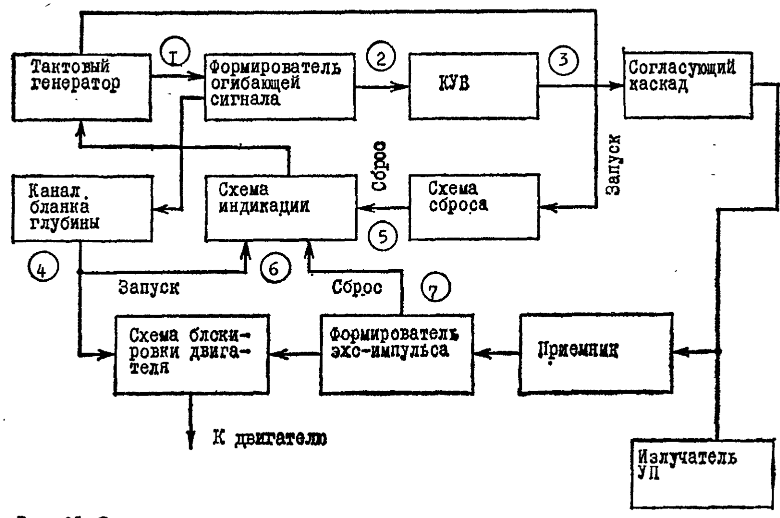


Рис. 85. Структурная схема электронного эхолота

опасности плавания предусмотрена возможность автоматического выключения двигателей, если измеренная глубина внезапно становится меньше установленного порога безопасности. Индикация глубины с помощью стандартного стрелочного измерительного прибора очень удобна. Прибор располагают на прибор-

ном щитке водителя. Предусмотрена нелинейная шкала, позволяющая измерять глубину за пределами участка точных измерений.

Частота следования импульсных посылок, выбираемая из учета максимальной глубины, задается тактовым генератором. Импульсный сигнал с его выхода с частотой 20—50 Гц запускает формирователь огибающей импульсной посылки, имеющей вид прямоугольного импульса длительностью 0,5 мс. Формирователь обеспечивает запуск колебаний в контуре ударного возбуждения (КУВ). Частота собственных колебаний КУВ около 200 кГц. Таким образом, при достаточно высокой добротности КУВ на нем формируется прямоугольный импульс с синусоидальным заполнением частоты 200 кГц. Согласующий каскад связывает КУВ с излучателем *УП*.

Принятый ультразвуковым преобразователем эхо-импульс после детектирования в приемнике поступает на формирователь эхо-импульса, который вырабатывает импульс сброса (ИС), поступающий на схему индикации.

С формирователя огибающей сигнала через канал бланка глубины на схему индикации поступает запускающий импульс. С формирователя эхо-импульс ИС поступает на схему индикации и приводит ее в исходное состояние. После чего с нее на генератор тактовых импульсов поступает разрешающий сигнал на выработку следующего тактового импульса. При выработке тактового импульса одновременно с формирователем огибающей сигнала запускается схема сброса. Она имеет время запомииания, в три-четыре раза превышающее период следования тактовых импульсов. Если в течение времени запоминания на эхолот не поступили эхо-сигналы (при превышении максимальной глубины в несколько раз), то схема сброса срабатывает и переводит устройство индикации в исходное состояние. Таким образом, схема сброса обеспечивает постоянство работы эхолота.

С формирователя огибающей запускающий импульс поступает также на генератор бланкирующего импульса, длительность которого соответствует установленной глубине безопасности. Бланкирующий импульс подается на схему блокировки двигателя. Команда блокировки вырабатывается в том случае, когда в пределах длительности бланкирующего импульса на схему блокировки поступит также импульс сброса, соответствующий принятому эхо-импульсу. Команда блокировки поступает на двигатели катера и выключает их.

На рис. 86 приведены осциллограммы осиовных сигналов в схеме эхолота. Точки, в которых могут наблюдаться эти сигналы, показаны на описанной выше структурной схеме. На рис. 86, *а* показаны сигналы эхолота в том случае,

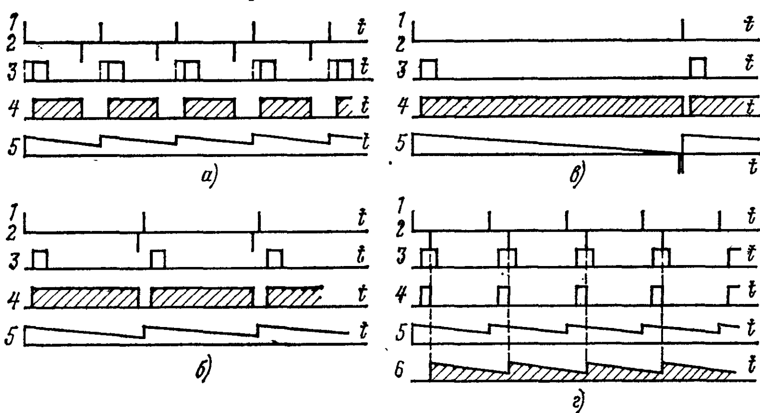


Рис. 86. **Осциллограммы основных сигналов в эхолоте**

когда глубина не превышает пределов линейной шкалы, предназначенной для точных измерений. Импульсы посылки *1* формируются с периодом следования, определяемым собственной частотой ГТИ. Эхо-сигналы *2* приходят с задержкой, превышающей длительность бланкирующего импульса *3*. Индикатор пока-

ывает средний ток импульсов индикации 4, определяемый соотношением времени задержки эхо-сигнала и периода следования тактовых импульсов. При этом шкала глубин индикатора линейна. Формируемый схемой сброса сигнал памяти не достигает порогового значения, при котором происходит срабатывание схемы сброса, и восстанавливается при каждом последующем тактовом импульсе.

На рис. 86, *б* показан случай, когда глубина превышает максимальную глубину линейного участка шкалы, а время задержки эхо-сигнала превышает период собственного такта посылок. Из-за отсутствия разрешающего потенциала со схемы индикации ГТИ повторно не срабатывает по истечении периода, определяемого собственной тактовой частотой. Он запускается повторно лишь после прихода эхо-сигнала. Масштаб измерений при этом изменится, и все отсчеты будут производиться в крайней правой части шкалы глубин.

Рассмотрим теперь случай, когда глубина значительно превышает установленную для эхолота максимальную глубину. Этот случай изображен на временных диаграммах рис. 86, *в*. Если эхо-импульс не принят в течение времени запоминания схемы сброса, последняя вырабатывает импульс, имитирующий импульс сброса (строка *5*). Затем ГТИ вырабатывается следующий тактовый импульс. Индикатор в этом случае показывает максимальное отклонение, которое на шкале может быть отмечено красной меткой, обозначающей значительные глубины, либо неисправность эхолота.

На рис. 86, *г* показан случай, когда глубина меньше безопасной. В этом случае эхо-сигнал *2* совпадает с импульсом бланка *3*. Эхолот вырабатывает сигнал блокирования двигателей *6*. Схема индикации показывает точную глубину. Часть шкалы, соответствующая минимальной глубине, ограниченной стробирующим импульсом, может быть окрашена в красный цвет.

На рис. 87—89 приведена полная принципиальная схема эхолота. Для удоб-

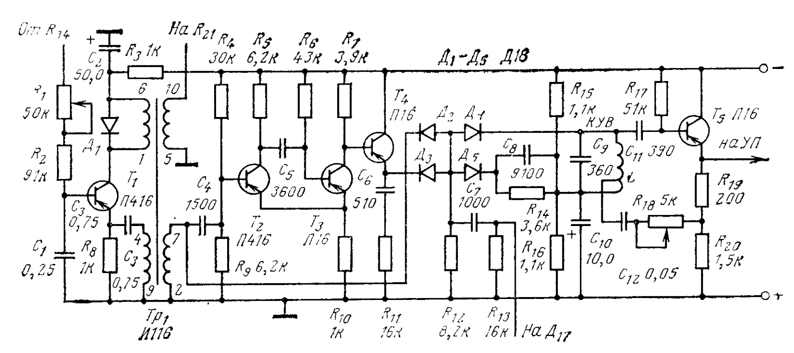


Рис. 87. Принципиальная схема канала формирования импульса

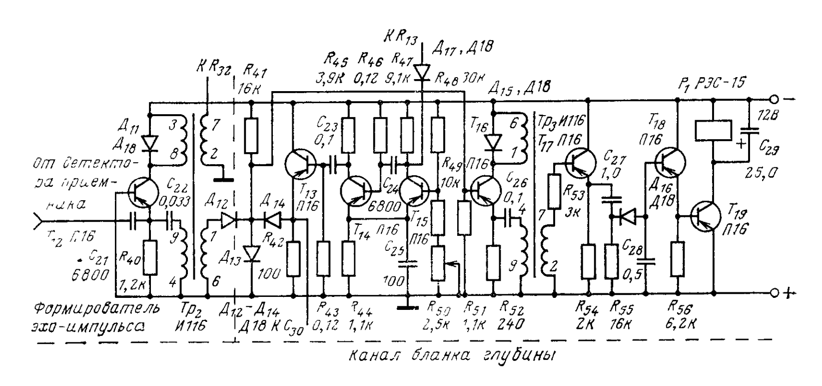


Рис. 88. Принципиальная схема канала бланкирования

ства эхолот разбит на отдельные блоки, каждый из которых монтируют на отдельной печатной плате.

На рис. 87 показана принципиальная схема канала формирования импульса посылки. В нее входят транзисторы T_1—T_5. В качестве генератора тактовых импульсов использован блокинг-генератор на транзисторе T_1. Блокинг-генератор должен работать в ждущем режиме. Для этого его база через резисторы R_1 и

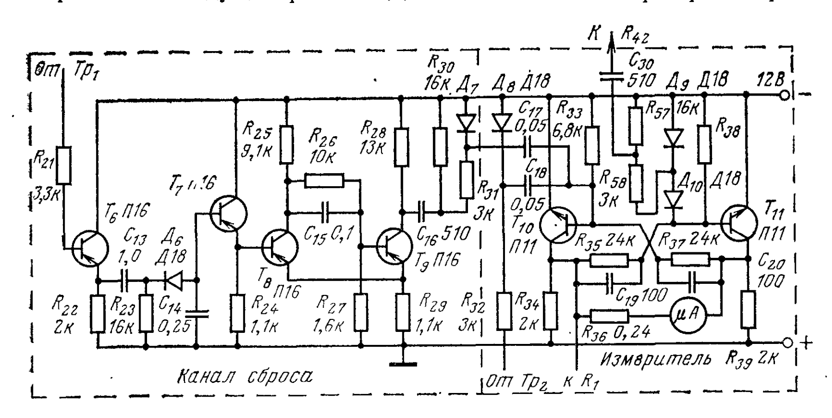


Рис. 89. **Принципиальная схема канала сброса и измерителя**

R_2 соединена с коллектором транзистора, входящего в схему измерительного мультивибратора T_{10} на (рис. 89). Потенциал базы T_1 изменяется в зависимости от состояния транзистора T_{10}. Когда потенциал базы T_1 близок к потенциалу плюсовой шины источника питания, блокинг-генератор закрыт и не генерирует импульсы. При потенциале, близком к потенциалу отрицательной шины источника питания, блокинг-генератор работает в режиме автоколебаний, генерируя прямоугольные импульсы длительностью 2 мкс с частотой следования в несколько десятков килогерц. Частота следования импульсов регулируется переменным резистором R_1.

Импульсный трансформатор $Тр_1$ блокинг-генератора имеет две выходные обмотки. С одной из обмоток (выводы *2—7*) тактовый импульс снимается на запуск расширяющего одновибратора на транзисторах T_2 и T_3 и контура ударного возбуждения через диод $Д_2$. С другой выходной обмотки (выводы *5—10*) — на накопитель схемы сброса T_6 (рис. 89). Снимаемые с обеих выходных обмоток блокинг-генератора импульсы имеют отрицательную полярность. Номера выводов, приведенные на рис. 87, соответствуют номерам, нанесенным на трансформаторе типа И116.

Поступая на вход расширяющего одновибратора на транзисторах T_2 и T_3, тактовый импульс открывает транзистор T_2. Транзистор T_3 закрывается и на его коллекторе формируется отрицательный прямоугольный импульс. Длительность выходного импульса одновибратора определяется постоянной времени разряда конденсатора C_5 через открытый транзистор T_2 и резистор R_6. В эхолоте эта длительность должна составлять примерно 0,5 мс. По окончании разряда конденсатора C_5 одновибратор возвращается в исходное состояние, при котором транзистор T_3 открыт и находится в этом устойчивом состоянии до прихода следующего тактового импульса. Таким образом, одновибратор формирует прямоугольный импульс, длительность которого равна длительности посылки эхолота. Импульс, определяющий огибающую импульса посылки, поступает на схему запуска КУВ. В состоянии покоя КУВ (LC_9) зашунтирован с обеих сторон диодами $Д_4$ и $Д_5$, не смещенными относительно плюсовой шины источника питания прибора. При прохождении отрицательного импульса с мультивибратора через диод $Д_3$ диоды $Д_4$ и $Д_5$ закрываются и создающимся перепадом напряжения в КУВ возбуждаются затухающие колебания синусоидальной формы. Для повышения крутизны запускающего импульса на ключевую диодную схему

запуска КУВ через диод $Д_2$ подается короткий тактовый импульс блокинг-генератора, имеющий длительность фронта доли микросекунды. Колебания в контуре длятся до тех пор, пока диоды $Д_4$ и $Д_5$ закрыты и КУВ практически изолирован. Затухание колебаний в контуре определяется его добротностью, зависящей от качества катушки L, обратных сопротивлений диодов и входного сопротивления эмиттерного повторителя, нагружающего КУВ. Эмиттерный повторитель выполнен на транзисторе T_5. Для компенсаций входной проводимости эмиттерного повторителя введена сильная отрицательная обратная связь по напряжению через резистор R_{18} и конденсатор C_{12}. Резистором R_{18} регулируется глубина обратной связи. С эмиттера повторителя синусоидальная посылка частотой 200 кГц с прямоугольной огибающей подается через кабель на УП. По окончании импульса с одновибратора диод $Д_3$ закрывается (диод $Д_2$ закрылся раньше), диоды $Д_4$ и $Д_5$ открываются и шунтируют контур, вызывая резкое затухание колебаний в нем.

Срез импульса одновибратора, задержанный относительно тактового импульса на 0,5 мс, дифференцируется цепью C_7R_{13} и через диод $Д_{17}$ поступает на запуск одновибратора на транзисторах T_{14}, T_{15}, вырабатывающего «бланк глубины» (рис. 88). Длительность бланкирующего импульса выбирается такой, чтобы суммарная длительность импульса огибающей пачки и бланкирующего импульса была равна времени прохождения сигнала до глубины, представляющей опасность для катера, и его возвращения к УП эхолота. При выбранной глубине бланкирования 0,5 м суммарная длительность равна 0,7 мс, а длительность бланка глубины 0,2 мс. Бланкирующий импульс через эмиттерный повторитель на транзисторе T_{13} поступает на схему блокировки двигателя, являющуюся схемой совпадения импульсов. Схема совпадения построена на диодах $Д_{12}$—$Д_{14}$. Если за время длительности бланкирующего импульса, поступающего на диод $Д_{14}$, на вход диода $Д_{12}$ придет эхо-импульс от формирователя на блокинг-генераторе (транзистор T_{12}), то на выходном резисторе схемы R_{41} возникнет отрицательный импульс. Этот импульс поступает на блокинг-генератор на транзисторе T_{16}, формируется на нем, запоминается (на конденсаторе C_{28} пик-детектора с диодом $Д_{16}$) и через согласующий эмиттерный повторитель на транзисторе T_{18} открывает транзистор T_{19} усилителя. В коллекторной цепи усилителя включена обмотка реле, срабатывание которого приводит к замыканию цепей прерывателей подвесного мотора на массу и прекращению движения катера.

В тех случаях, когда глубина превышает опасное значение, запаздывание эхо-импульса превышает длительность суммы импульсов огибающей и бланка, временное совпадение импульсов на диодах $Д_{12}$ и $Д_{14}$ не имеет места, и канал выработки блокировки двигателя не срабатывает.

С эмиттера транзистора T_{13} импульс поступает на дифференцирующую цепь $C_{30}R_{57}$ (рис. 89), а с нее — на схему запуска измерительного триггера T_{10}, T_{11}.

Кроме запуска канала формирования посылки, тактовый блокинг-генератор используется также для запуска схемы сброса, применяемой для имитации эхо-импульса в тех случаях, когда глубина превышает предельную глубину эхолота. Имитация эхо-импульса позволяет обнулить измерительный блок и обеспечивает этим условия для генерирования следующего тактового импульса.

Запуск схемы сброса происходит импульсом, снимаемым с обмотки *5-10* трансформатора Tp_1. Через эмиттерный повторитель на транзисторе T_6 (рис. 89) импульс поступает на пик-детектор на диоде $Д_6$ и конденсаторе C_{14}. Возникший на пик-детекторе потенциал создает смещение на базе транзистора T_8 формирователя импульса сброса. Формирователь импульса сброса построен на транзисторах T_8 и T_9, включенных по схеме одновибратора. Транзистор T_7 обеспечивает согласование пик-детектора с низкоомным входом одновибратора. Одновибратор генерирует импульс, длительность которого в 2—3 раза превышает период следования импульсов. При отсутствии эхо-импульса одновибратор перебрасывается в исходное состояние, и продифференцированный цепью $C_{16}R_{30}$ срез импульса подается в цепь обнуления измерительного триггера через конденсатор C_{17}.

Если эхо-импульс приходит в пределах периода следования, составляющего при выбранной максимальной глубине 15 м примерно 20 мс, то он формируется блокинг-генератором на транзисторе T_{12} и с обмотки *2—7* трансформатора Tp_2 через резистор R_{32} поступает в цепь обнуления триггера, собранного на транзи-

сторах T_{10} и T_{11}. Триггер перебрасывается в исходное состояние, а измерительный прибор в силу инерционности подвижной системы показывает средний ток, пропорциональный измеряемой глубине.

Запуск измерительного триггера не тактовым импульсом, а срезом бланкирующего импульса глубины позволяет сместить нуль шкалы на глубину 0,5 м и ввести нелинейный участок грубого измерения глубин, превышающих максимальную расчетную для эхолота глубину. Это проиллюстрировано временной диаграммой, приведенной на рис. 90.

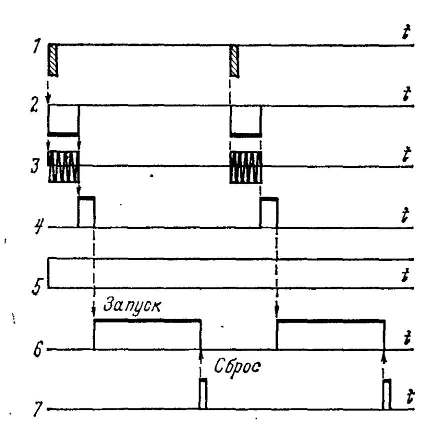


Рис. 90. Временные диаграммы сигналов, объясняющие принцип формирования нелинейной шкалы глубин

Рис. 91. Магнитострикционный преобразователь

В эхолоте использован приемник и ультразвуковой преобразователь, описанные выше.

Электронный эхолот довольно сложный прибор, поэтому его изготовление и настройку можно рекомендовать только опытным радиолюбителям. В то же время в эхолоте применены стандартные дискретные элементы и настройка каждого из них не имеет каких-либо специфических особенностей. Как правило, блокинг-генераторы, триггеры, одновибраторы не нуждаются в специальной регулировке и требуется лишь проверить соответствие временных характеристик элемента схемы требуемым.

ЭХОЛОТ С МАГНИТОСТРИКЦИОННЫМ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕМ

Принцип действия описываемого ниже эхолота основан не на измерении задержки импульса, вызванной распространением его в воде, а на измерении количества отраженных от дна водоема импульсов за единицу времени. Максимальная рабочая глубина, определяемая мощностью излучателя и чувствительностью приемника, равна для описываемого прибора 20 м. Вторым принципиальным отличием этого прибора от рассмотренных ранее является физический принцип, на котором основан ультразвуковой преобразователь.

На рис. 91 приведен эскиз примененного магнитострикционного датчика-преобразователя акустической энергии в электрическую. Основу преобразователя составляет никелевый стержень *4*, закрепленный с помощью медного кольца *1* в корпусе *2*. На стержень надет каркас *5* с намотанной на него катушкой *3*. Катушка герметизирована пробковой прокладкой *6*. На внешнем конце стержня закреплена пластина *7*. Колебания стержня и пластины при возбуждении катушки электрическим сигналом передаются водной среде. Для того чтобы исключить колебания уровня воды в раструбе преобразователя, он закрыт мембраной *10* из резинового листа толщиной 0,5—0,8 мм, которая удерживается на раструбе бандажом *9*. Для того чтобы пластина *7* соприкасалась с водой, в стенке раструба сделано отверстие *8*.

Схема эхолота приведена на рис. 92. Генератор зондирующих импульсов выполнен на транзисторах T_1 и T_2, включенных по двухтактной схеме с емкостной обратной связью. Частота колебаний 40 кГц, амплитуда 4,3 В. Нагрузкой генератора служит резонансный контур, образованный катушкой L_4 и конденсатором C_2. Катушка намотана на замкнутом ферритовом сердечнике сечением

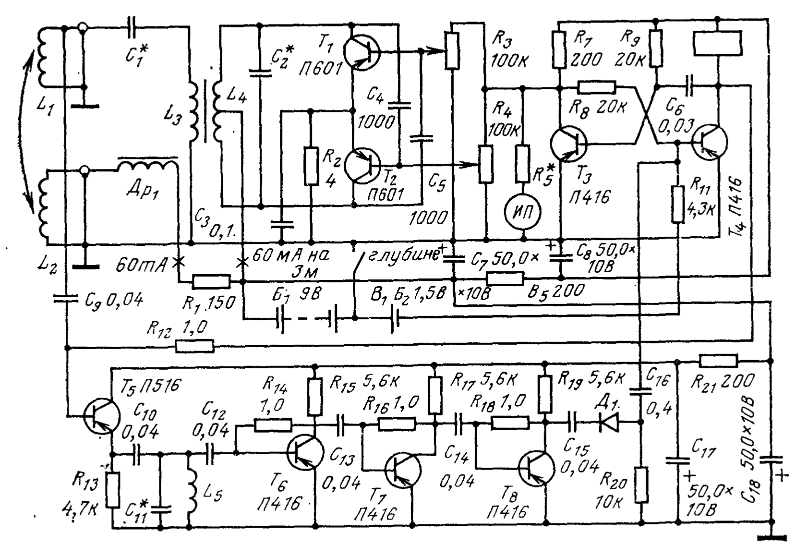


Рис. 92. Принципиальная схема эхолота с магнитострикционным датчиком

2 см² и имеет 1500 витков провода ПЭЛ 0,35. Емкость конденсатора C_2 и количество витков катушки подбирают при настройке генератора на заданную частоту. Образованный катушкой L_1 и конденсатором C_1 последовательный резонансный контур согласован с контуром генератора с помощью катушки связи L_3. Количество витков катушки связи определяют опытным путем. Катушка подмагничивания стержня L_2 имеет 3000 витков провода ПЭЛ 0,15. Последовательно с катушкой L_2 включен дроссель $Др_1$, препятствующий проникновению импульсов ультразвуковой частоты в цепи подмагничивания. Индуктивность дросселя составляет 0,25—0,3 Гн.

В качестве модулятора и измерителя частоты использован мультивибратор на транзисторах T_3 и T_4. Постоянная времени базовых цепей мультивибратора составляет 600 мкс. С коллектора транзистора T_3 снимаются отрицательные импульсы, предназначенные для управления работой генератора ультразвуковой частоты. Необходимое импульсное напряжение устанавливают резисторами R_3R_4. В эту же цепь включен вольтметр с предельным значением измеряемых напряжений 10 В.

Мультивибратор выполняет также функции электронного коммутатора приемника, обеспечивая закрывание входного транзистора приемника T_5 на время посылки зондирующего импульса. По окончании зондирующего импульса коммутатор открывает вход приемника. Приемник состоит из согласующего и ключевого каскада на транзисторе T_5, усилителя эхо-импульсов на транзисторах T_6—T_8 и детектора на диоде $Д$. Принятые магнитострикционным преобразователем эхо-импульсы от дна водоема усиливаются усилителем, имеющим на входе резонансный контур, обеспечивающий избирательные свойства. Контур настроен на частоту зондирующего сигнала, т. е. 40 кГц. После усиления и детектирования импульсы через конденсатор C_{16} поступают в базовую цепь транзистора T_4, запуская мультивибратор. Так как задержка эхо-импульсов относительно зондирующих импульсов зависит от глубины, то частота запуска мультивибратора будет также зависеть от глубины.

При калибровке прибора преобразователь погружают в воду в месте, где глубина составляет 3 м и переменными резисторами R_3 и R_4 устанавливают потребляемый генератором ток 60 мА. Показания вольтметра в цепи мультивибратора калибруют как точку, соответствующую глубине 3 м. С увеличением глубины потребляемый генератором ток должен уменьшаться. Максимальная глубина будет соответствовать минимальному отклонению стрелки прибора.

СТАБИЛИЗИРОВАННЫЙ ВЫПРЯМИТЕЛЬ БОРТОВОЙ СЕТИ ПИТАНИЯ

Большинство отечественных подвесных двигателей в качестве источников питания используют магдино, которое имеет генераторные катушки для питания бортовой сети. Однако ни один из двигателей, за исключением моделей, оборудованных электрозапуском, не имеет выпрямителя, позволяющего использовать этот источник питания для зарядки аккумуляторов и питания бортовых приборов постоянного тока.

Поэтому очевидна необходимость в выпрямителе на моторной лодке или катере с подвесным двигателем. Однако известно, что наводимая в генераторных катушках магдино переменная э. д. с. находится в прямой зависимости от частоты вращения маховика: чем больше эта частота, тем больше э. д. с. Это создает значительные неудобства для пользования энергопотребляющими приборами небольшой мощности, так как на максимальной частоте вращения перенапряжение в бортовой сети питания может значительно превышать допустимые пределы. Устранить зависимость напряжения бортовой сети питания от режимов работы двигателя можно за счет использования электронного стабилизатора выпрямленного напряжения.

Принципиальная схема стабилизированного выпрямителя приведена на рис. 93 [1]. Силовой выпрямитель собран на диодном мосте, состоящем из четырех диодов $Д_1$—$Д_4$. Конденсатор C_3 предназначен для сглаживания пульсаций вы-

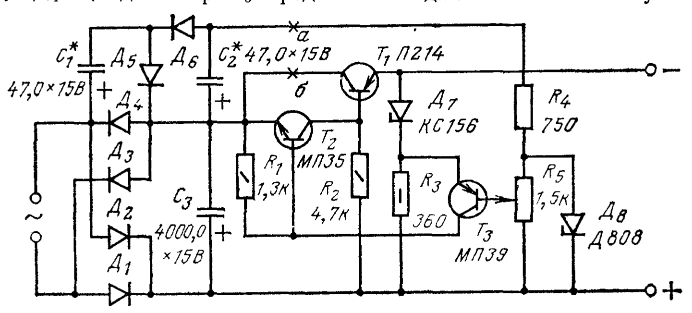


Рис. 93. Принципиальная схема стабилизированного выпрямителя

прямленного напряжения. Выпрямленное напряжение поступает на проходной регулируемый транзистор T_1, управляемый по базе транзистором T_2. Управляющий сигнал зависит от разности напряжений между эмиттером транзистора T_3 (опорное напряжение на котором определяется работой стабилитрона $Д_7$) и напряжения снимаемого с движка резистора R_5, предназначенного для регулирования выходного напряжения стабилизатора. Усиленное разностное напряжение с коллектора компараторного транзистора T_3 поступает на базу управляющего транзистора T_2.

Для того чтобы обеспечить надежную работу стабилизатора при малых значениях первичного напряжения, характерных для работы на малых оборотах двигателя, питание резистора R_5 осуществляется от отдельного выпрямителя малой мощности, работающего в режиме удвоения напряжения. Этот выпрямитель выполнен на диодах $Д_5$ и $Д_6$ и конденсаторах C_1 и C_2.

Мощный транзистор T_1 должен быть установлен на теплоотводящей пластине-радиаторе. Для того чтобы обеспечить максимальную теплоотдачу, радиа-

тор надежно соединяют с массой двигателя. Поэтому транзистор должен быть изолирован электрически от радиатора фторопластовой или слюдяной прокладкой.

Налаживание стабилизированного выпрямителя заключается в подборе конденсаторов C_1* и C_2* таким образом, чтобы напряжение в точке *а* схемы было вдвое больше напряжения в точке *б* при отключенных потребителях напряжения. Затем подключают потребители или эквивалентную нагрузку и резистором R_5 регулируют выходное напряжение до заданного значения.

ЕДИНАЯ ЭЛЕКТРОСИСТЕМА МОТОРНОЙ ЛОДКИ

Источники электропитания моторной лодки, как правило, имеют ограниченные возможности. Для наиболее целесообразного использования вырабатываемой ими электроэнергии и поддержания нормального режима заряда аккумуляторной батареи при большом количестве разнообразных потребителей электроэнергии необходимо организовать единую электросистему моторной лодки. Лишь в этом случае можно обеспечить разумное распределение энергии по потребителям, совместное использование различных источников электроэнергии при пиковых нагрузках и аккумулирование избытка энергии при любом уменьшении нагрузки.

На рис. 94 приведена структурная схема возможного варианта единой электросистемы, предназначенной для использования на моторной лодке с двумя подвесными моторами «Нептун-23» [39]. В состав электрооборудования входят силовые, навигационно-осветительные, вспомогательные и контрольно-измерительные приборы, размещаемые на моторах, в кокпите и на пульте управления.

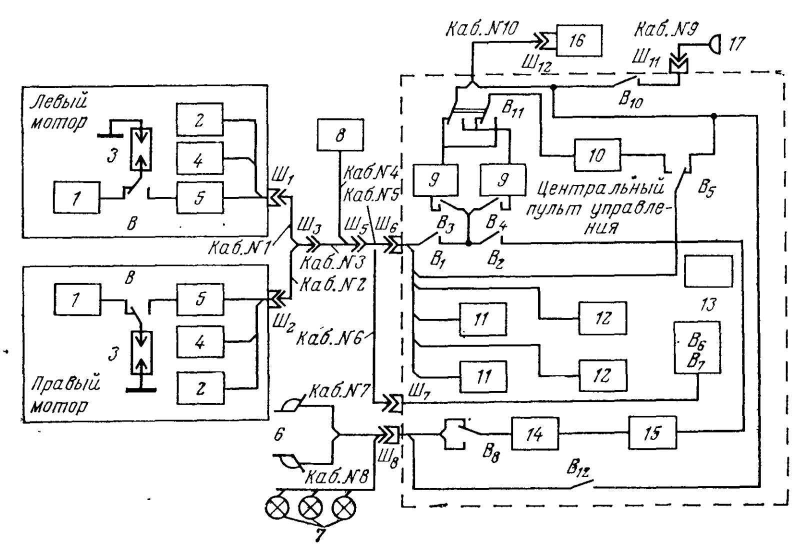


Рис. 94. **Структурная схема электрооборудования лодки**

В качестве первичных источников электропитания используются магдино двигателей, вырабатывающие переменный ток напряжением 12—16 В. Генераторные катушки магдино *2* через разъемы $Ш_1$ и $Ш_2$, установленные на поддонах двигателей, а также разъемы $Ш_3$, $Ш_5$ и $Ш_6$ соединены с пультом управления и через коммутирующие тумблеры с выпрямителями *9*. С выпрямителей снимается постоянное напряжение 16—22 В. Тумблером $В_1$ выпрямители подключают к обоим двигателям. Тумблерами $В_3$ и $В_4$ можно при необходимости отключить один из выпрямителей. При этом каждый из выпрямителей подключен к одному из магдино. Через тумблер $В_{11}$ постоянный ток от одного из вы-

прямителей (например, от выпрямителя левого двигателя) поступает на зарядку аккумулятора *16*, а от другого — на схемы электронного зажигания *5* обоих двигателей через стабилизатор напряжения *10*. В случае необходимости выпрямители можно поменять местами путем переключения тумблера B_{11}. Такое включение выпрямителей позволяет всегда обеспечить электроэнергией схемы электронного зажигания даже при одном работающем двигателе. Применение стабилизатора напряжения повышает надежность работы системы электронного зажигания. Переключателем B_5 можно подключить системы электронного зажигания двигателей к аккумулятору *16*.

Первичные источники питания после разъема $Ш_6$ соединены также с блоком питания *15* электронного сигнализатора расхождения, в котором это напряжение повышается до 300 В.

Аккумулятор подключают к пульту управления через разъем $Ш_{12}$, что позволяет легко отсоединить его, например, для зарядки в стационарных условиях и для профилактических работ. При отключении аккумулятора вся работа бортового электрооборудования осуществляется от магдино при работающих двигателях: *8* — резервный блок питания.

В состав электрооборудования моторной лодки входит электронный сигнализатор расхождения, состоящий из электронного блока *14*, повышающего трансформатора *15* и импульсных ламп правого и левого борта *6*, подключаемых через разъем $Ш_8$. Учитывая значительные колебания напряжения магдино в зависимости от частоты вращения вала двигателя, в прибор введены три последовательно включенных стабилитрона типа Д817Г, стабилизирующие выходное напряжение 300 В.

Через кабель и разъем $Ш_8$ к сети электропитания подключены ходовые отличительные огни *7* зеленого, красного и белого цвета. Их питание осуществляется от аккумулятора через тумблер B_{12}, что обеспечивает обязательную световую сигнализацию при неработающих двигателях на стоянке или при отказе двигателя на ходу. К аккумулятору *16* через разъем $Ш_{11}$ и выключатель B_{10} подключается фара *17*.

Используемая электронная система зажигания потребляет при напряжении 15 В примерно 12—14 Вт, что позволяет для ее питания подключать лишь один двигатель. Магдино двигателя обеспечивает получение мощности электропитания до 40 Вт. В системе электрооборудования предусмотрен переход от электронной системы зажигания к электромеханической системе заводского производства *1*. При этом тумблером *В* переключается катушка зажигания *3*, а переход с магнитных датчиков момента зажигания *4* к контактам прерывателя выполняется подключением соответствующей заглушки к выходной колодке системы зажигания. Для аварийной остановки двигателей используются кнопки *Стоп*, расположенные на двигателях, а также кнопка остановки двигателей *13* на пульте управления. Каждый двигатель по отдельности может быть остановлен одним из тумблеров $Вк_6$ и $Вк_7$.

В состав контрольно-измерительного оборудования входят тахометры *11*, сигнализаторы наличия напряжений питания и воды в системе охлаждения двигателей *12*. К этой группе приборов относятся также контрольный вольтметр *18* с пределами измеряемых постоянных напряжений 15, 30, 300 В.

Световые сигнализаторы наличия переменного напряжения показывают исправность цепей первичного напряжения от магдино, наличие напряжения на входе каждого выпрямителя, на выходе преобразователя электронной системы зажигания, в блоке электронного сигнализатора расхождения. Световые сигнализаторы наличия постоянного напряжения показывают исправность цепей питания электронной системы зажигания, наличие напряжения на выходе стабилизатора напряжения, на шинах, подключенных к аккумулятору. Все индикаторы постоянного напряжения выполнены на светодиодах.

Принцип работы тахометров, позволяющих раздельно контролировать работу каждого двигателя, был описан выше. Для использования их в ночное время шкалы тахометров подсвечиваются, причем лампы подсвечивания включаются одновременно с ходовыми отличительными огнями. Принципы, положенные в основу описанной единой электросистемы моторной лодки, позволяют использовать совместно и другие электронные приборы, описания которых приведены выше.

СОСТАВ ЭПОКСИДНОГО КОМПАУНДА

Для пропитки катушек низкочастотных трансформаторов и дросселей, а также для защиты печатных плат от действия влаги применяется эпоксидный лак следующего состава: эпоксидная смола ЭД-5 — 100 массовых долей, малеиновый ангидрид — от 6 до 20 массовых долей. После смешения компонентов лак годен к употреблению в течение 1 ч.

Можно применить лак другого состава: эпоксидная смола Э-41 — 100 массовых долей; растворитель: ксилол — 40, этилцеллозольв — 30 и ацетон — 30; отвердитель № 1 — 3 массовых долей. Эпоксидную смолу растворяют смесью растворителей, а перед употреблением к 100 массовым частям полученного лака добавляют 3 массовых долей отвердителя и смесь тщательно перемешивают.

Эпоксидные смолы весьма стойки к действию влаги и химически активных веществ.

Для склеивания деталей применяют эпоксидный клей следующего состава: эпоксидная смола ЭД-6 — 100 массовых долей; отвердитель (гексаметилендиамин) — 10 массовых долей. После тщательного смешивания компонентов продолжительность применения не более 1 ч. Выдержка при комнатной температуре при склеивании без давления 24 ч.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

ПРОВЕРКА ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ДИОДОВ И ТИРИСТОРОВ

Применяемые в схемах выпрямителей полупроводниковые диоды должны быть перед монтажом проверены на обратное напряжение и обратный ток. Как правило, в мостовых схемах выпрямителей применяют диоды типа Д226. Они должны иметь обратный ток не более 10 мкА при обратном напряжении 600 В. Диоды проверяют по схеме на рис. 95 [29]. В качестве источника питания может быть применен, например, стабилизированный выпрямитель УИП-1. Микроамперметр на ток 50—100 мкА может быть любого типа, например М198/1. Постепенно повышая напряжение источника питания, наблюдают за показаниями прибора.

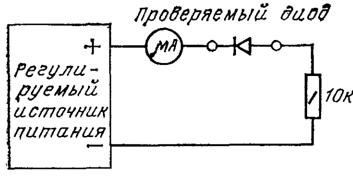


Рис. 95. Схема проверки диодов

Если обратный ток диода при напряжении 600 В не превышает 10 мкА, то диод может быть использован. В противном случае проверку повторяют. Диоды, ток которых при напряжении 400 В не превышает 30 мкА, могут быть использованы при условии, что в каждое плечо выпрямительного моста вместо одного диода включаются два, соединенные последовательно. Для этого придется несколько доработать печатную плату. Диоды, обратный ток которых при напряжении 400 В превышает 30 мкА, применять нельзя.

В системах электронного зажигания могут быть применены тиристоры со следующими параметрами: максимальное прямое напряжение (напряжение переключения) более 350 В, средний выпрямленный ток не менее 2 А, напряжение спрямления не более 8 В, средний ток спрямления не более 100 мА, рассеиваемая мощность не менее 4 Вт. В импульсе длительностью до 100 мкс тиристор должен пропускать ток до 10 А.

Перед установкой в схему следует проверить напряжение переключения и ток утечки тиристора по схемам, приведенным на рис. 96.

Источник питания должен иметь плавную регулировку выходного напряжения до значения, превышающего напряжение переключения тиристора, и обеспечивать ток не менее 200 мА. Вольтметр должен быть рассчитан на напряжение, превышающее напряжение переключения. Резистор R_1 ограничивает ток при переключении тиристора. Его сопротивление выбирают в зависимости от тока и напряжения источника питания.

При проверке тиристора его включают в измерительную схему и плавно увеличивают напряжение питания, следя за показаниями вольтметра. При до-

стижении напряжения переключения рост напряжения прекратится и его значение резко уменьшится. Максимальное значение отмеченного до этого уменьшения напряжения и соответствует напряжению переключения тиристора. Если напряжение переключения тиристора превышает 500 В, то он смело может быть использован в системе электронного зажигания.

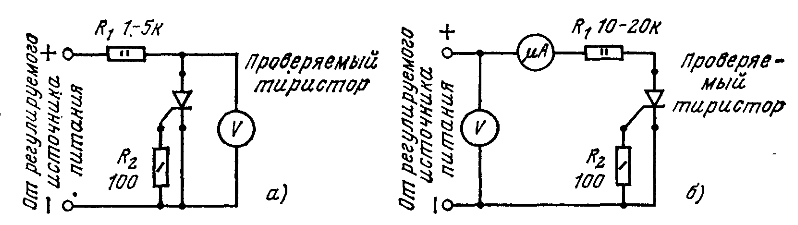


Рис. 96. Схема проверки напряжения переключения *(а)* и тока утечки *(б)* тиристоров

Для проверки тока утечки тиристора его включают в измерительную схему с миллиамперметром, имеющим пределы шкалы 5—10 мА. При напряжении питания 450 В проверяют ток в цепи питания. При этом резистор R_1 должен иметь сопротивление 20 кОм. Можно применять тиристоры с током утечки не более 1 мА.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

ИЗГОТОВЛЕНИЕ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

При изготовлении печатных плат [2,25] используют фольгированные материалы: текстолит или гетинакс. При отсутствии таких материалов можно изготовить печатную плату путем наклейки фольги толщиной 0,05 мм клеем БФ-2 на изоляционную плату толщиной 1,5—2 мм.

Химический способ травления печатных плат. На очищенную и обезжиренную поверхность фольги через копировальную бумагу наносят контуры рисунка печатных соединений платы с чертежа соединений. Те поверхности, которые в дальнейшем будут служить проводниками тока, покрывают слоем лака, стойкого к действию травильного состава. В качестве защитного лака используют цапонлак, нитролак, асфальтобитумный лак. После высыхания лака покрытие ретушируют, устраняя острым лезвием неровности и затеки. Вместо лака в качестве защитного покрытия можно использовать липкую полиэтиленовую ленту, которую наклеивают на фольгу и вырезают затем по контуру рисунка. С участков, которые должны быть подвергнуты травлению, снимают ленту, и эти места дополнительно промывают бензином.

Места будущих сквозных отверстий под выводы элементов намечают керном. После подготовки плату подвергают травлению, для чего ее помещают в пластмассовую (фотографическую) ванночку с раствором хлорного железа $FeCl_3$ плотностью 1,3. Для получения такого раствора в стакан емкостью 200 см³ кладут 150 г хлорного железа и доливают водой до краев.

Ванночку с протравливаемой платой непрерывно энергично покачивают, и через каждые 5 мин плату осторожно протирают ватным тампоном, который держат пинцетом. При этом удаляются продукты реакции протравливаемых участков платы, которые замедляют процесс травления. Полностью фольгу протравливают за 30—40 мин. Если раствор хлорного железа подогреть до 40°С, то протравливание завершается за 10 мин. С протравленной платы растворителем смывают лак, затем ее несколько раз попеременно промывают в горячей и холодной воде. В качестве растворителя можно использовать ацетон.

При отсутствии хлорного железа его можно приготовить в домашних условиях. Для этого берут соляную кислоту концентрации 9% и мелкие железные опилки. Для получения необходимой концентрации на 25 (по объему) частей кислоты берут одну часть железных опилок. Опилки засыпают в открытый

сосуд с кислотой и оставляют на несколько дней. По окончании реакции получается сине-зеленый раствор, который через несколько дней становится желто-бурым. Этот раствор и используется для травления плат.

Гальваническое травление. Для этого способа травления печатной платы необходим источник постоянного тока напряжением 25—30 В и концентрированный раствор поваренной соли.

Положительный полюс источника тока с помощью зажима соединяют с пластиной фольгированного материала, на которой нанесен и защищен рисунок проводящих частей. К оголенному и свернутому крюком концу провода, соединенного с отрицательным полюсом источника тока, прикрепляют тампон из ваты, обильно пропитывают его насыщенным раствором поваренной соли и, слегка прижав тампон к фольге, перемещают его по заготовке. При этом участки фольги, не защищенные нитролаком, постепенно растворяются.

Чтобы слой растворяемой фольги не перегревался, движения тампона по нему должны быть плавными в виде восьмерки. Тампон надо часто пропитывать раствором соли и по мере загрязнения заменять новым. После окончания травления фольги защитный лак смывают ацетоном.

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

ОТБОР ТИРИСТОРОВ ДЛЯ ЭЛЕКТРОННОЙ СИСТЕМЫ ЗАЖИГАНИЯ ПО ТОКУ УПРАВЛЕНИЯ

Отбор тиристоров по току управления перед установкой их в схему электронного зажигания позволяет повысить надежность работы ЭСЗ, особенно при малых оборотах двигателя (до 1000 об./мин). Методика отбора тиристоров по току управления очень проста (см. «Катера и яхты», 1981, № 4, с. 62). Для проверки тиристор включают в схему, обеспечивающую контроль тока управления и индикацию срабатывания тиристора. Эмиттер тиристора подключают к отрицательному полюсу батареи с напряжением 4,5 В (например, типа КБСЛ). Коллектор тиристора подключают последовательно через контрольную лампочку накаливания с рабочим напряжением 3,5 В и тумблер к положительному полюсу батареи. Между эмиттером и управляющим электродом включают цепь последовательно соединенных элемента (например, элемента 343) с напряжением 1,5 В (минусом к эмиттеру), миллиамперметра со шкалой 5—10 мА и переменного резистора с номинальным сопротивлением 1 кОм.

Включив тиристор в такую схему, устанавливают движок переменного резистора так, чтобы резистор имел наибольшее сопротивление. Затем регулировкой движка плавно уменьшают сопротивление резистора и наблюдают за показаниями миллиамперметра и контрольной лампочкой. Зажигание контрольной лампочки свидетельствует о включении тиристора в проводящее состояние. Показание стрелки миллиамперметра в момент зажигания контрольной лампочки соответствует минимальному значению тока управления тиристора, при котором происходит его включение. Для обеспечения точного отсчета измерение повторяют 3—5 раз. Для этого тумблером разрывают цепь питания коллектора тиристора, соответствующее наибольшему сопротивлению, и затем всю процедуру измерения повторяют.

Для обеспечения надежного срабатывания электронной системы зажигания необходимо отбирать для нее тиристоры с минимальным током управления. Как правило, он не должен превышать 3—4 мА.

ПРИЛОЖЕНИЕ 5

ПРОВЕРКА РАБОТОСПОСОБНОСТИ ЭСЗ

Для проверки работоспособности электронной системы зажигания (см. рис. 61 и рис. 62), предназначенной для работы на двигателе с отключаемой штатной системой зажигания, необходимо провести следующие работы.

1. Зажигать систему не от генераторных катушек зажигания, а от катушек освещения, подключив к двигателю штатную электромеханическую систему зажигания.

2. Электронную систему зажигания через два дополнительных высоковольтных трансформатора подключить к двум дополнительным свечам зажигания, установленным на массе двигателя.

3. Завести двигатель от штатной системы зажигания и изменять обороты двигателя от минимальных до максимальных. При этом необходимо наблюдать за искрообразованием в дополнительных контрольных свечах. Искровой зазор в этих свечах устанавливается равным 1—2 мм. Во всех режимах работы двигателя искра должна проскакивать одновременно и без срывов. Поменять местами концы катушек, питающих ЭСЗ и снова наблюдать за искрообразованием во всем диапазоне оборотов двигателя. Оставить такое подключение, при котором образуется более мощная искра. Если наблюдаются срывы, следует изменить емкость накопительного конденсатора до 0,25 пФ и вновь проверить искру на всех режимах работы мотора.

4. Отсоединить ЭСЗ от катушек освещения и подключить ее к генераторной катушке зажигания. Обязательно проложить изолирующие прокладки под прерыватели.

5. Завести двигатели с электронной системой зажигания и плавно изменять его режим работы во всем диапазоне оборотов. Установить обороты двигателя между малыми и средними и измерить напряжение на конденсаторе C_2 вольтметром постоянного тока. Выключить двигатель кнопкой аварийной остановки и не изменяя положения сектора газа поменять местами выводы генераторной катушки. Вновь завести двигатель и измерить напряжение на конденсаторе C_2. Оставить такое включение генераторной катушки, при котором напряжение на конденсаторе имеет большее значение. Проверить работу двигателя на всех режимах.

ПРИЛОЖЕНИЕ 6

ПАРАМЕТРЫ ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ

Выпрямительные диоды

Тип	$I_{\text{выпр.доп}}$, А	$U_{\text{пр}}$, В	$U_{\text{обр.доп}}$, В	$I_{\text{обр.доп}}$, мА	Тип	$I_{\text{выпр.доп}}$, А	$U_{\text{пр}}$, В	$U_{\text{обр.доп}}$, В	$I_{\text{обр.доп}}$, мА
Д7Г	0,3	0,5	200	0,1	Д211	0,1	1,0	600	0,05
КД105Б	0,3	1,0	400	0,1	Д217	0,1	0,7	800	0,05
Д202	0,4	1,0	200	0,5	Д218	0,1	0,7	1000	0,05
Д204А	0,4	1,0	300	0,5	Д226	0,3	1,0	400	0,03
Д207	0,1	1,0	200	0,05	Д242	10	1,25	2000—10000	0,1

Импульсные диоды

Тип	$I_{\text{пр.макс}}$, мА	$U_{\text{пр}}$, В	$U_{\text{обр.макс}}$, В	$I_{\text{обр.макс}}$, мкА
Д18	50	1,0	20	50
Д220	500	1,5	50	1
ГД511	15	0,6	12	50

Высокочастотные диоды

Тип	$I_{пр.доп}$, мА	$U_{пр}$, В	$U_{обр.доп}$, В	$I_{обр.доп}$, мкА	Тип	$I_{пр.доп}$, мА	$U_{пр}$, В	$U_{обр.доп}$, В	$I_{обр.доп}$, мкА
Д2Е	4,5	1,0	100	250	Д9Д	60	1,0	30	250
Д9Б	90	1,0	10	250	Д9Е	30	1,0	50	250
Д9Г	30	1,9	30	250	Д9К	60	1,0	30	60

Стабилитроны

Тип	$U_{стаб}$, В	$I_{стаб}$, мА	$I_{стаб.мин}$, мА	$I_{стаб.макс}$, мА	Тип	$U_{стаб}$, В	$I_{стаб}$, мА	$I_{стаб.мин}$, мА	$I_{стаб.макс}$, мА
Д808	7,85	5	—	33	Д815В	8,2	—	—	950
Д813	11,5–14,0	5	—	20	Д815Г	10	—	—	800
Д814	7,0—8,5	5	1	40	Д815Д	12	—	—	650
Д814Б	8,0—9,5	5	1	35					

Тиристоры

Тип	$I_{откр.ср.макс}$, А	$U_{пр.закр.макс}$, В	$I_{упр}$, мА	$I_{откр.макс}$, А
КУ101Е	0 ,075	150	7,5	1,0
КУ201А	2 ,0	25	100	10
КУ201К	2 ,0	300	100	10
КУ202И	10	200	100	30
КУ202М	10	400	100	30
КУ202Н	10	400	100	30

Транзисторы маломощные низкочастотные

Тип	$U_{к Б макс}$, В	$I_{К макс}$, мА	$F_{h21Б}$, МГц	$I_{кБо}$, мкА	$C_к$, пФ	$h_{21 Э}$
МП37	15	150	1,0	30	60	15—30
МП37А	30	150	1,0	30	60	15—30
МП39	15	150	0,5	15	60	12
МП40	15	150	1,0	15	60	20—40
МП41	15	150	1,0	15	60	30—60
МП42	15	150	1,0	25	—	20—35
МП42Б	15	150	1,0	25	—	45—100
ГТ108Б	10	50	1,0	10	50	35—80
МП113	10	100	1,0	3	170	15—45

Транзисторы маломощные высокочастотные

Тип	$U_{КБ макс}$, В	$I_{К макс}$, мА	$f_{гр}$, $f_{h21Б}$, мГц	$I_{КБО}$, мкА	$C_к$, пФ	$h_{21Э}$
КТ315	—	100	250	1,0	7,0	20—350
ГТ321	60—45	20	60	500	80	20—200
П416	20	25	60	3,0	8	20—80
П416А	20	25	90	3,0	8	60—125
П416Б	20	25	120	3,0	8	100—250

Транзисторы большой мощности низкочастотные

Тип	$U_{ЭБ макс}$, В	$I_{К макс}$, мА	$f_{гр}$, $f_{h21Б}$, мГц	$I_{КЭО}$, мА	$U_{КЭ нас}$, В
П4	40—70	5,0	0,15	0,4	0,5
П213Б	45	5,0	2	1,0	—
П214Б	60	5,0	—	0,15	—
П217	60	7,5	—	3,0	—

ПРИЛОЖЕНИЕ 7

ТАБЛИЦА СООТВЕТСТВИЯ СТАРЫХ И НОВЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ ТРАНЗИСТОРОВ

Старое обозначение	П9А	П10	П10А	П10Б	П11	П11А	П13	П13Б	П14	П14А
Новое обозначение	П36	П37	П37А	П37Б	П38	П38А	П39	П39Б	П40	П40А
Старое обозначение	П14Б	П15	П15А	П16	П16А	П16Б	П402	П403		
Новое обозначение	П40Б	П41	П41А	П42	П42А	П42Б	П422А	П423А		

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Беляцкий Ю. В.** Стабилизатор напряжения для подвесных моторов. — Катера и яхты, 1978, № 2, с. 62—63.
2. **Бортновский Г. А.** Печатные схемы в радиолюбительских конструкциях. — М.: Энергия, 1972. — 64 с.
3. **Вдовикин А. И.** Электронный измеритель уровня горючего в баке. — Радио, 1968, № 4, с. 57.
4. **Галкин Ю. М.** Электрооборудование автомобилей и тракторов. — М.: Машиностроение, 1968. — 280 с.
5. **Егоров М. В.** Электроный тахометр, пригодный для любого двигателя. — Катера и яхты, 1973, № 4, с. 66.
6. **Зубов Е. М.** Импульсная лампа-отмашка. — Катера и яхты, 1969, № 4, с. 23.

7. **Зубов Е. М.** Упрощенная система зажигания. — Радио, 1968, № 10, с. 44—45.
8. **Корабельный** эхолот. — Электроника, 1960, № 6.
9. **Кульзин В.** Электронная сирена. — Радио, 1969, № 6, с. 33.
10. **Клосс Ю.** Контроль теплового режима двигателя. — Радио, 1969, № 10, с. 50.
11. **Ксанфомалити Л. В.** 2500 километров с электронным блоком. — Радио, 1968, № 12, с. 33—38, 43.
12. **Ламбров А.** Простой тахометр. — Радио, 1967, № 5, с. 41—42.
13. **Бесконтактная** электронная система зажигания/Левит В. Л., Миронченко В. Л., Сперанский Б. С. и др. — Катера и яхты, 1970, № 1, с. 50—52.
14. **Моргулев А. С., Сонин Е. К.** Полупроводниковые системы зажигания. — Энергия, 1972, 80 с.
15. **Мирончено В. Л.** и др. Бесконтактная система зажигания для «Вихря». — Катера и яхты, 1971, № 2, с. 34—35.
16. **Мирончено В. Л., Сперанский Б. С., Чернов Б. Т.** Конструкция и парамегры схемы бесконтактной системы зажигания. — Катера и яхты, 1970, № 5, с. 60—63.
17. **Морозов В. А., Холодков Е. А.** Усовершенствованная схема контроля системы охлаждения подвесных моторов. — Катера и яхты, 1972, № 3, с. 42.
18. **Михайлов В. Н.** Бесконтактная конденсаторная система зажигания для «Вихря». — Катера и яхты, 1973, № 5, с. 62—65.
19. **Неделькин В. И., Соколов И. А.** Электронное зажигание на «Москве-25». — Катера и яхты, 1972, № 1, с. 56—59.
20. **Стряшенков Ю.** Радиоуправление моделями. — Радио, 1968, № 8, с. 14—16.
21. **Пахомов Ю., Дроздов М.** Электронная сирена. — Радио, 1969, № 8, с. 55.
22. **Порошенко Г. К., Некрасов Ю. В.** Электромеханический тахометр. — Катера и яхты, 1969, № 5, с. 66—67.
23. **Путятин Н.** Приемник радиоуправляемой модели. — Радио, 1968, № 12, с. 39—40.
24. **Путятин Н., Малаховский А.** Аппаратура радиоуправления моделями. — Радио, 1975, № 1, с. 38—40.
25. **Скугарев В.** Гальваническое травление. — Радио, 1971, № 4, с. 47.
26. **Сонин Е. К.** Электромеханическая система дистанционного управления газом подвесного мотора «Вихрь». — Катера и яхты, 1969, № 6, с. 50—52.
27. **Сонин Е. К.** Электронная система зажигания для «Вихря». — Катера и яхты, 1969, № 1, с. 16—18.
28. **Соболевский А. Г.** Материалы в радиоэлектронике. — М.: Энергия, 1963. — 48 с.
29. **Синельников А. Х.** Электроника в автомобиле. — М.: Энергия, 1976. — 127 с.
30. **Соловьев А. И., Косов В. И.** Самодельный лаг. — Катера и яхты, 1976, № 4, с. 45.
31. **Фишбейн Е. И.** Серийное электронное зажигание для «Ветерков». — Катера и яхты, 1978, № 3, с. 54—56.
32. **Харитонов Б.** Бесконтактный тахометр. — Радио, 1969, № 8, с. 51.
33. **Шахтарин Г. Г.** Электронно-механический лаг для яхты. — Катера и яхты, 1978, № 2, с. 93—95.
34. **Шевченко В. И.** Бесконтактная ЭСЗ для магнето МГ-101 и магдино МВ-1. — Катера и яхты, 1976, № 5, с. 72—73.
35. **Тараторкин Б. С.** Электроконтактный измеритель скорости. — Катера и яхты, 1978, № 3, с. 94—95.
36. **Яковчук Н. С., Свердлин Г. М.** Эхолот для туристских судов. — Катера и яхты, 1963, № 1.
37. **Яковчук Н. С.** Эхолот для туристских судов. — Катера и яхты, 1964, № 3, с. 97—99.
38. **Яковчук Н. С.** Улучшение системы зажигания мотора «Вихрь». — Катера и яхты, 1967, № 10, с. 40—42.
39. **Бондаренко В. П.** Единая электросистема моторной лодки. — Катера и яхты, 1979, № 1, с. 46—47.

ОГЛАВЛЕНИЕ